

*Mi corazón está en mis palabras,  
Mi alma en mis acciones,  
Mi espíritu en mis pensamientos y  
Dios en todo.*

*CREO EN MÍ*

(Antonio Esquinca)



**Universidad Autónoma del Estado de México**

**Facultad de Geografía**

---



**T E S I S**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN WEB PARA LA  
GESTIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL DEPARTAMENTO DE  
DESARROLLO FORESTAL DE LA CONAFOR ESTADO DE MÉXICO”**

Que para obtener el grado de  
**LICENCIADO EN GEOINFORMÁTICA**

PRESENTA:  
**Gabriela Elizabeth Peña Iglesias**

ASESOR:  
**L. en C.G.I. Miguel Eduardo García Reyna**

REVISORES:  
**M. en A. Esperanza Palma Salgado  
M. en C. A. Francisco Zepeda Mondragón**

**Toluca de Lerdo, México**

**Noviembre 2014**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología del Estado de México (COMECyT) por el apoyo económico otorgado durante el desarrollo de este proyecto.

Al **Ing. Ignacio Suárez Velázquez** por creer en mí y en la creación de este sistema, por compartir sus conocimientos, al **Ing. Manuel Miguel Mozón** y la **Biol. Yazmín Ameyali Ortiz** por su paciencia y enseñanzas durante mi estancia en el Departamento de Desarrollo Forestal de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), gracias por su apoyo.

Al **Dr. Delfino Madrigal Uribe (Q.E.P.D.)**, por brindarme su tiempo y espacio en la revisión del inicio de este proyecto, por sus sabios consejos, además de ser ejemplo a seguir por su perseverancia y esperanza en el desarrollo profesionistas con la Licenciatura en Geoinformática cultivando en nosotros deseos de superación.

De forma muy especial expreso mi más sincero agradecimiento a mi asesor y colega **L. en C.G.I. Miguel Eduardo García Reyna**, por guiarme, por sus conocimientos, su tiempo, su paciencia, amistad y apoyo incondicional brindados durante la creación de este proyecto.

A la **M. en A. Esperanza Palma Salgado**, por apoyarme desde los inicios de mi carrera, por compartir sus conocimientos, por ser parte fundamental de mi formación académica y también por su tiempo y paciencia mostrada en la culminación de esta tesis.

Al **M. en C. A. Francisco Zepeda Mondragón** por sus aportaciones, recomendaciones y apoyo en pro de mejorar esta tesis.

Al **Dr. Roberto Franco Plata** por motivarme a seguir adelante. A mis profesores por orientarme, y por compartir sus sabias enseñanzas que han sido el pilar de mi educación. Y a la **Universidad Autónoma del Estado de México** por haberme abierto las puertas, ingresar y formar parte como estudiante en la Facultad de Geografía.

## DEDICATORIA

Existen diversos obstáculos que se deben vencer para lograr metas, y esta meta ha sido gracias a **Dios**, por darme la oportunidad de formar parte de esta familia, por poner en mi camino a todas aquellas personas que he conocido, por darme perseverancia para para concluir con esta etapa de mi vida.

A mi **Papá Sergio Peña Aguilar (Q.E.P.D.)** quien me inculco valores he hizo de mí una persona de bien, porque siempre estuvo a mi lado y lo sigue estando para apoyarme, guiarme, aconsejarme, motivarme para siempre salir adelante, por él y mi madre soy quien soy.

A mi **Mamá Juana Iglesias Jurado** por su tiempo, su amor incondicional, su comprensión, sus desvelos y gran esfuerzo, por siempre darme lo mejor, por ser mí ejemplo a seguir.

A mis hermanos **Magali** y **Uriel**, por compartir alegrías y tristezas, por ser tan nobles y cariñosos conmigo, por estar cuando los necesito y ayudarme siempre y en todo momento.

A mis abuelitos por darme lo mejor de ellos, por compartir sus experiencias y enseñanzas, porque siempre me alientan a llegar muy lejos y ser exitosa.

A mis **tíos Marisol, Leonardo, Gilberto y Mayra** por darme y brindarme siempre su apoyo, amor, cariño, sabiduría, consejos, tiempo, espacio, por estar ahí cuando los necesito y por acompañarme y ser parte de este logro.

A **Marysol, Luis, Bricio, Alejandro B., Alejandro P.** por su apoyo y gran amistad.

A mis grandes amigos **Aketzali, Blanca, Juan Antonio, E. Daniel, Daniel A., Manuel, Eduardo B., Eduardo H., Omar, Javi, J. Gregorio, Ricardo, Irving, Luis Ángel, Miguel, Roberto, Héctor, a Érika (Q.E.P.D.)** y a todas aquellas personas que conocí durante mi estancia en la Facultad de Geografía, infinitas gracias por formar parte de mi vida, por darme ánimos, por todas aquellas experiencias vividas, por las noches de desvelo haciendo trabajos escolares o conviviendo un poco y por compartir sus conocimientos, tristezas y alegrías.

Con amor y respeto su hija, hermana, nieta, sobrina, alumna, amiga y compañera

**Gaby.**

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal Generar una aplicación *Web Mapping*, que permita la gestión de información espacial de datos relacionados con los apoyos otorgados por los programas de desarrollo forestal de la CONAFOR, en el periodo que comprende los años 2008 al 2012 en el Estado de México. Fungiendo como sistema de visualización cartográfica, edición y consulta de información. El Departamento de Desarrollo Forestal de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) del Estado de México ha creado y reunido un compendio de información geoespacial y alfanumérica a lo largo de la dirección de proyectos desde su surgimiento, con el potencial de servir a la toma de decisiones y de gestión de información.

Para el desarrollo se ha utilizado el modelo de cascada o también llamado lineal secuencial que hace referencia al ciclo de vida del software, ofreciendo métodos y técnicas para la creación de software y en este caso aplicaciones *Web Mapping*. Se plantea los requerimientos que el sistema debe cumplir, se recolectan los datos, se diseña la base de datos e interfaz de usuario, se implementa y evalúan los resultados.

Se demuestra la importancia del uso de software de código abierto, los servidores de mapas y geotecnologías mediante la utilidad de un sistema de consulta y visualización que sirve al departamento de Desarrollo Forestal de la CONAFOR en el Estado de México para gestionar y explotar los datos almacenados. El sistema contiene una Base de Datos que guarda registros de los apoyos otorgados. Las aplicaciones utilizadas son un Gestor de Bases de Datos *PostgreSQL*, que trabaja en conjunto con la extensión espacial *PostGIS*, un servidor de mapas *Map Server*, un *Framework* para la representación espacial en la web y editores cartográficos *ArcGIS* y *Quantum GIS*.

# Contenido

---

<b>RESUMEN .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 1.GENERALIDADES.....</b>	<b>12</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.3. ANTECEDENTES .....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	17
1.5. OBJETIVOS .....	18
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	18
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	19
<b>CAPÍTULO 2.MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
2.1. COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR) .....	21
2.1.1. <i>Reglas de Operación</i> .....	22
2.2. TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	23
2.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	24
2.3.1. <i>Definición</i> .....	25
2.3.2. <i>Componentes de un SIG</i> .....	27
2.3.3. <i>Funciones de un SIG</i> .....	30
2.3.4. <i>Datos geográficos</i> .....	31
2.3.5. <i>Bases de datos geográficas</i> .....	31
2.3.6. <i>Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGDB)</i> .....	33
2.3.7. <i>Arquitectura Cliente – Servidor</i> .....	34
2.3.8. <i>Ingeniería de Software</i> .....	35
2.3.9. <i>Lenguaje de Modelo Unificado</i> .....	37
2.4. ESTÁNDARES Y SERVIDORES DE MAPAS .....	37
2.4.1. <i>Aplicaciones Web</i> .....	38
2.4.2. <i>Infraestructura de Datos Espaciales</i> .....	38
2.4.3. <i>Web Mapping</i> .....	39
2.4.4. <i>Open Geospatial Consortium</i> .....	39
2.4.5. <i>Estándares OGC</i> .....	41
2.4.5.1. <i>Web Map Service (WMS)</i> .....	41
2.4.5.2. <i>Web Feature Service (WFS)</i> .....	42
2.4.5.3. <i>Otros</i> .....	43
2.4.6. <i>Apache 2.2.22</i> .....	45

2.4.7.	<i>PHP: Hypertext Preprocessor 5.4.3</i> .....	46
2.4.8.	<i>PHP/Map Script 6.0.3</i> .....	47
2.4.9.	<i>MapServer version 3.0.6</i> .....	47
2.4.10.	<i>Framework</i> .....	50
2.5.	<b>SOFTWARE LIBRE</b> .....	51
2.5.1.	<i>Quantum GIS</i> .....	52
2.5.2.	<i>PostgreSQL 8.4</i> .....	53
2.5.3.	<i>PostGIS 1.5</i> .....	53
<b>CAPÍTULO 3.METODOLOGÍA</b> .....		<b>56</b>
3.1.	<b>ANÁLISIS</b> .....	58
3.1.1.	<i>Recopilación y análisis de requerimientos</i> .....	59
3.1.2.	<i>Software y servidores de mapas</i> .....	61
3.1.2.1.	<i>Servidor de mapas</i> .....	61
<b>CAPÍTULO 4.DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN</b> .....		<b>65</b>
4.1.	<b>DISEÑO</b> .....	65
4.1.1.	<i>Componentes y flujo de procesos</i> .....	65
4.1.2.	<i>Lenguaje de Modelado Unificado (UML)</i> .....	66
4.1.2.1.	<i>Casos de uso</i> .....	67
4.1.2.2.	<i>Actores</i> .....	67
4.1.2.3.	<i>Diagrama de casos de uso</i> .....	68
4.1.3.	<i>Diseño Conceptual</i> .....	77
4.1.4.	<i>Diseño Lógico</i> .....	81
4.1.5.	<i>Diseño Físico</i> .....	83
4.1.6.	<i>Creación de la base de datos espacial</i> .....	84
4.1.7.	<i>MapServer</i> .....	88
4.1.8.	<i>Diseño de plantillas o interfaz de usuario.</i> .....	90
4.2.	<b>IMPLEMENTACIÓN</b> .....	94
4.2.1.	<i>Productos Finales</i> .....	94
4.2.2.	<i>Funciones</i> .....	94
<b>CAPÍTULO 5.RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b> .....		<b>97</b>
5.1.	<b>RESULTADOS</b> .....	97
5.2.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	109
5.3.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	110
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....		<b>112</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del departamento de Desarrollo Forestal en la estructura orgánica de la CONAFOR .....	21
Figura 2. Mapa conceptual del procedimiento y desarrollo de proyectos .....	22
Figura 3. Componentes de un Sistemas de Información Geográfica. ....	30
Figura 4. Esquema cliente – servidor de una base de datos.....	34
Figura 5. Esquema arquitectura cliente/servidor. ....	35
Figura 6. Ingeniería del software, tecnología en varias capas. ....	36
Figura 7. Estructura de solicitud WMS. ....	48
Figura 8. Anatomía de Mapserver.....	50
Figura 9. Metodología de desarrollo. ....	57
Figura 10. Diagrama de procesos. ....	66
Figura 11. Actores.....	68
Figura 12. Diagrama de casos de uso.....	68
Figura 13. Despliegue de información y capas.....	74
Figura 14. Secuencia Activar / Desactivar capas. ....	75
Figura 15. Secuencia Acercar / Alejar.....	75
Figura 16. Secuencia Visualización completa.....	76
Figura 17. Secuencia Mover. ....	76
Figura 18. Secuencia Identificar objetos.....	77
Figura 19. Modelo Entidad-Relación del servidor de mapas.....	78
Figura 20. Tablas relacionadas con referencia de objetos geográficos. ....	78
Figura 21. Esquema de trabajo de Web Mapping.....	80
Figura 22. Configuración Open Source Web GIS. ....	81
Figura 23. Creación de la base de datos espacial en pgAdmin III de PostgreSQL	85
Figura 24. Importar shapefile con PostGIS.....	86
Figura 25. Verificación de capas .....	86
Figura 26. Conexión a la base de datos en QuantumGIS .....	87
Figura 27. Capas almacenadas en PostgreSQL .....	87
Figura 28. Directorio de almacenamiento de archivos MapServer y P.mapper .....	88

Figura 29. Instalación correcta del servidor de mapas .....	88
Figura 30. Archivo .map .....	89
Figura 31. Archivo config_default.xml.....	89
Figura 32. Consultas SQL .....	90
Figura 33. Esquema de interfaz Web Mapping.....	91
Figura 34. Pantalla Inicio. ....	98
Figura 35 Pantalla Principal. ....	99
Figura 36 Consultas espaciales. ....	100
Figura 37 Herramienta Autoidentificar. ....	101
Figura 38 Herramienta Seleccionar. ....	102
Figura 39 Opción Imprimir. ....	104
Figura 40. Impresión de mapa en formato PNG. ....	105
Figura 41. Impresión del mapa en formato PDF.....	106
Figura 42. Opción Descargar. ....	107
Figura 43. Descarga de imágenes. ....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de tipos de servidores de mapas. _____	40
Tabla 2. Información susceptible de introducir en el sistema _____	59
Tabla 3. Aplicaciones seleccionadas para la implementación de la aplicación ____	63
Tabla 4. Casos de uso _____	67
Tabla 5. Caso de uso Despliegue de información espacial _____	69
Tabla 6. Caso de uso Activar capas _____	69
Tabla 7. Caso de uso Desactivar capas _____	70
Tabla 8. Caso de uso Visualización _____	70
Tabla 9. Acercar _____	71
Tabla 10. Caso de uso Alejar _____	71
Tabla 11. Caso de uso Mover _____	72
Tabla 12. Caso de uso Visualización Completa _____	72
Tabla 13. Casos de uso Identificar objetos _____	73
Tabla 14. Caso de uso Mantenimiento _____	73
Tabla 15. Tabla del mapa “Estado_Mexico” _____	82
Tabla 16. Tabla de mapa Predios _____	82
Tabla 17. Tabla de los mapas de ejercicios por año _____	82
Tabla 18. Tabla de características de proyección de mapas _____	84
Tabla 19. Herramientas del visualizador _____	92

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES**

*Capítulo introductorio donde se establece la problemática por la cual surge  
el desarrollo del sistema Web Mapping, así como  
los antecedentes y los objetivos.*

## **CAPÍTULO 1. GENERALIDADES**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

La Comisión Nacional Forestal presenta en su estructura orgánica dependencias que se establecen jerárquicamente, con una conexión predeterminada intersectorial, gerencias ubicadas en cada estado y dentro de ellas, los departamentos específicamente. Cada departamento recibe, manipula y alberga información específica, que les permite determinar la asignación de recursos por hectárea a pequeños propietarios, ejidos y bienes comunales, en los ejercicios que cada año se publican en el Diario Oficial de la Federación (DOF), mediante las Reglas de Operación, Lineamientos o Proyectos especiales, así mismo sirven para generar diagnósticos anuales, tomar decisiones y dictaminar apoyos de los programas que encabeza la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en este caso se refiere a todos aquellos apoyos que gestiona el departamento de Desarrollo Forestal en el Estado de México. Las variables básicas sobre las que actúan los programas que gestiona el departamento, van encaminadas al desarrollo forestal sustentable, directamente en las áreas prioritarias del bosque en el Estado de México, relacionando la población con el manejo y aprovechamiento adecuado de los recursos forestales.

En la actualidad hablar de plataformas en la web ligadas con el uso de software libre en las distintas áreas del conocimiento, ha sido un factor importante en esta sociedad, tal es el caso en el desarrollo de aplicaciones que gestionen información espacial de organizaciones tanto gubernamentales como del sector privado. Años atrás hablar de software libre era sólo en áreas concretas y usuarios con conocimientos avanzados, contados eran los que realizaban este tipo de trabajos, la interfaz de usuario carecía de gráficos y pocos desarrollaban las habilidades para crear este tipo de proyectos. Hoy en día, se puede decir que han sido notorios los cambios, las aplicaciones que se crean mediante plataformas

libres han puesto a disposición nuevas oportunidades de desarrollar y crear, mostrando y facilitando el acceso a estas herramientas.

Los Sistemas de Información Geográfica, han ido evolucionado y salido a la luz pública, dejando de ser extraños para darse a conocerse en el mercado como una herramienta poderosa para solucionar problemáticas geográficas, siendo funcionales, viables, de fácil acceso, disminuyendo costos y tiempos.

Por otra parte los servidores geográficos se han convertido en una herramienta para el manejo, actualización y distribución de bases de datos mejorando los procesos de escritorio.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En posesión del Departamento de Desarrollo Forestal de la CONAFOR, Gerencia Estado de México se encuentra un compendio de datos vectoriales que han sido generados y recopilados durante la ejecución de proyectos del programa ProÁrbol en los años 2008, 2009, 2010, 2011 y 2012. Estos archivos están divididos en subgrupos generales por año, a su vez se dividen en predios y proyectos, de los cuales los proyectos son subdivididos por concepto de apoyo y tipo de dato (punto, línea o polígono).

Dicha información resulta ser muy importante para el departamento y para la institución, no sólo por el potencial que tiene para servir de base en la realización de diagnósticos y comparaciones por año de las metas obtenidas, sino por la valiosa información que puede aportar un inventario geoespacial para la gestión de datos espaciales y alfanuméricos.

Uno de los requerimientos fundamentales para hacer que esta información sea aprovechable es encontrar el medio de dar acceso al usuario potencial sin contratiempos, sea o no un usuario especializado y que pueda ser fácil el manejo de los datos, esto es que no dependa de un software por el que deba pagar una

licencia para su uso y que pueda ser visualizado desde una red (Internet), en alguno de los casos pueden existir algunos inconvenientes en la gestión de los datos, poniendo en riesgo la integridad, los derechos de autor y la pérdida de control por parte del administrador sobre la información, siendo susceptibles a ser modificados.

Por lo cual, se ha buscado una mejor alternativa para cumplir las expectativas del departamento, generando un medio que pueda gestionar los datos tanto geospaciales como alfanuméricos de la mejor manera, con un visualizador web cartográfico a través de servicios de mapas WMS<sup>1</sup>, en el cual los datos estén almacenados, controlados y administrados en una base de datos central que funcione como proveedor de información a los usuarios mediante un sistema distribuido libre de inversiones de adquisición de software, garantizando la integridad y protección de los datos.

Si bien se puede dar solución a los problemas anteriormente mencionados dado que la tecnología ha evolucionado proporcionando software libre y avances para desarrollar y distribuir sistemas por medio de la red. Se han construido estándares mediante organismos internacionales con interoperabilidad entre sistemas de software de propietario, permitiendo el surgimiento del *Web Mapping* (Cartografía Web), con servicios de catálogos de metadatos geospaciales estandarizados y generando una tendencia a nivel mundial dirigida por la infraestructura Global de Datos Espaciales (GSDI, por sus siglas en inglés) para construir una Infraestructura de Datos Espaciales (IDEs) a nivel nacional. Los países con el más alto nivel de desarrollo y algunos subsecuentes, poseen y mantienen en constante crecimiento su IDE nacional siguiendo los estándares de la industria geoespacial dirigidos por la *Open Geospatial Consortium* (OGC), *OpenGIS* (Para el intercambio de información geográfica haciendo posible la interacción de los usuarios por medio de internet y software libre)<sup>2</sup> y organismos internacionales y nacionales como ISO que van disminuyendo la duplicidad de esfuerzos y costos

---

<sup>1</sup> Estándar Open GIS Web Map Service (WMS) define un conjunto de operaciones básicas para obtener una representación gráfica simple a partir de datos geográficos.

<sup>2</sup> "Historia y estado actual del futuro estándar *Web Map Tiling*. Servicio del OGC", 2014.

de producción de información geoespacial generando una democracia de acceso a la población.

### **1.3. ANTECEDENTES**

*“La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) fue creada por decreto presidencial el 4 de abril del 2001, siendo un Organismo Público Descentralizado cuyo objetivo es desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y restauración en materia forestal, así como la formulación de planes, programas, y aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable” (CONAFOR, 2013).*

La CONAFOR cuenta con una Normateca, que es un portal abierto a cualquier persona a fin de conocer el marco normativo, contiene información que es emitida por las unidades administrativas de las gerencias estatales, cada unidad administrativa es responsable de mantener actualizada y vigente las disposiciones que tiene a su cargo, así como gestionar ante el Comité de Mejora Regulatoria Interna (COMERI) la autorización e inclusión en la Normateca Interna para su publicación (CONAFOR, 2013).

En la actualidad la Comisión Nacional Forestal a nivel general tiene el Sistema Nacional de Información Forestal, que de acuerdo con el artículo 39 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable de los Estados Unidos Mexicanos (LGDFS) establece que el SNIF tiene por objeto registrar, integrar, organizar, actualizar y difundir la información relacionada en materia forestal. En este ordenamiento legal también se encuentra especificado que ésta información debe estar disponible al público para su consulta, así mismo que se integrará al Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales (SNIARN), debiéndose articular con el Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural (SNIDR). El SNIF integra de forma homogénea información en materia forestal, basándose en lo que establecen los apartados de la LGDFS, que son:

- I. El Inventario Nacional Forestal y de Suelos y en los inventarios forestales de las entidades federativas;
- II. La contenida en la Zonificación Forestal;
- III. La contenida en el Registro Forestal Nacional;
- IV. Sobre las evaluaciones de plantaciones forestales comerciales y reforestación con propósitos de restauración y conservación;
- V. Sobre el uso y conocimiento de los recursos forestales, incluyendo información de uso doméstico y conocimiento tradicional.
- VI. Sobre los acuerdos y convenios en materia forestal, y la relativa a mecanismos y tratados de coordinación o cooperación nacional e internacional;
- VII. La información económica de la actividad forestal;
- VIII. Sobre investigaciones y desarrollo tecnológico.
- IX. Sobre organizaciones e instituciones de los sectores social y privado, así como de organismos públicos nacionales e internacionales relacionados con este sector.
- X. Sobre proyectos de aprovechamiento forestal que no se basen exclusivamente en la explotación de los recursos maderables, y
- XI. Las demás que se consideren estratégicas para la planeación y evaluación del desarrollo forestal sustentable.

Las autoridades federales, estatales y municipales ejercerán sus atribuciones en materia forestal de conformidad con la distribución de competencias, debiendo proporcionar al SNIF, la información que recaben en el cumplimiento de éstas (CONAFOR, 2013).

Los Sistemas de Información Geográfica son una disciplina relativamente reciente. En el año de 1854 se declara precursor de los SIG al Dr. John Snow, considerado así porque cartografió la incidencia de los casos de cólera en un mapa del distrito de *SoHo* en Londres, el cual permitió situar el origen del brote de cólera dando como resultado la ubicación de un pozo de agua contaminado causante de la epidemia en dicho lugar. No se puede hablar de SIG, propiamente dicho, hasta

los años sesenta cuando comienza la carrera tecnológica de los SIG. Siendo en Canadá un país donde se desarrolla por primera vez en el año de 1962, un sistema que trabaja con datos geográficos, cuando el departamento de Agricultura encargó a *Tomlinson* la creación del CGIS (*Canadian Geographic Information System*), y sin duda es el primer SIG del mundo (TOMLINSON, 1984). No obstante anteriormente en el año 1968 el *Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis* crean el programa SYMAP. Donde en el año de 1970 *Calform* le da continuidad, en el programa aparecen los formatos raster *Grid* e *Imgrid* y posteriormente el programa *POLYVRT* integra los datos de topología de los objetos cartográficos (*Polygon Information Overlay System PIOS 1971, The Oak Ridge Modelling Information System Ormis 1972*).

En el año de 1994 surge el *Open Geospatial Consortium (OGC)* el cual está al frente de más de 250 organizaciones públicas y privadas, encargados de definir los estándares abiertos e interoperables dentro de los SIG, con fin de establecer acuerdos entre diferentes empresas del sector para beneficiar a los usuarios en operaciones de geoprocesamiento y facilitar el intercambio de información para que la comunidad se pueda beneficiar de ellas (RICHARD STALLMAN, 1984).

Aplicaciones SIG de sobremesa, llamados así porque están orientadas al trabajo normal de visualización, análisis, edición y salidas gráficas de información geográfica. Por otro lado nos encontramos a los servidores de datos geográficos; tal es el caso de: *MapServer, GeoServer, PostGIS* para elaboración de bases de datos al igual que *MySQL Spatial*, dando solución a problemáticas relacionadas con a la gestión de información geográfica y sistemas distribuidos.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

El Departamento de Desarrollo Forestal de la CONAFOR Gerencia Estado de México, cuenta con información cartográfica, desde el año 2008 hasta la fecha, sin embargo, no cuenta con una herramienta de gestión de información geográfica,

por lo cual se presentan problemas con el almacenamiento y actualización, además de contar con una visualización y manipulación de datos de forma local. Con las deficiencias anteriores se propone el desarrollo de una aplicación web que tiene por objetivo principal fungir como gestor de información geográfica del departamento de desarrollo forestal, mediante uso de internet.

Los cambios sobre las geotecnologías han sido constantes, se han puesto como necesidad para obtener información de manera rápida, dinámica y confiable en la web. Se habla de un desarrollo web que permita a los usuarios con acceso a internet o de manera local, puedan consultar y editar información.

Este beneficio enfocado al departamento proporciona las siguientes ventajas: realizar comparaciones espaciales anuales de superficies beneficiadas, representado y visualizando las metas obtenidas en dichos años, dar seguimiento a los proyectos llevando un control de las actividades realizadas y por realizar (entrega de solicitudes, resguardo de documentos legales, fechas de entrega de pagos según sea el caso, entrega de informe de proyectos finales, evaluación, verificaciones en campo y dictaminación de proyectos), evitar redundancias de información a través de las bases de datos geográficas para brindar un mejor sistema de consultas, sin necesidad de contar con algún software SIG. Con esto, se promueve una organización de datos, simplificando y deduciendo el proceso de distribución de información a los entes interesados.

## **1.5. OBJETIVOS**

### ***1.5.1. Objetivo General***

Generar una aplicación web, que permita la gestión de información espacial de datos relacionados con los apoyos otorgados por los programas de desarrollo forestal de la CONAFOR del periodo 2008 – 2012 en el Estado de México.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

1. Determinar los requerimientos del usuario necesarios para la elaboración de la aplicación web.
2. Analizar los requerimientos del usuario y adaptarlos al diseño lógico y conceptual revisando los procedimientos que realizará la aplicación.
3. Desarrollar la aplicación web en base a la codificación del diseño lógico y conceptual, utilizando las herramientas y lenguajes establecidos.
4. Implementar la aplicación web, y verificar que cumpla los procedimientos diseñados.

# CAPÍTULO 2

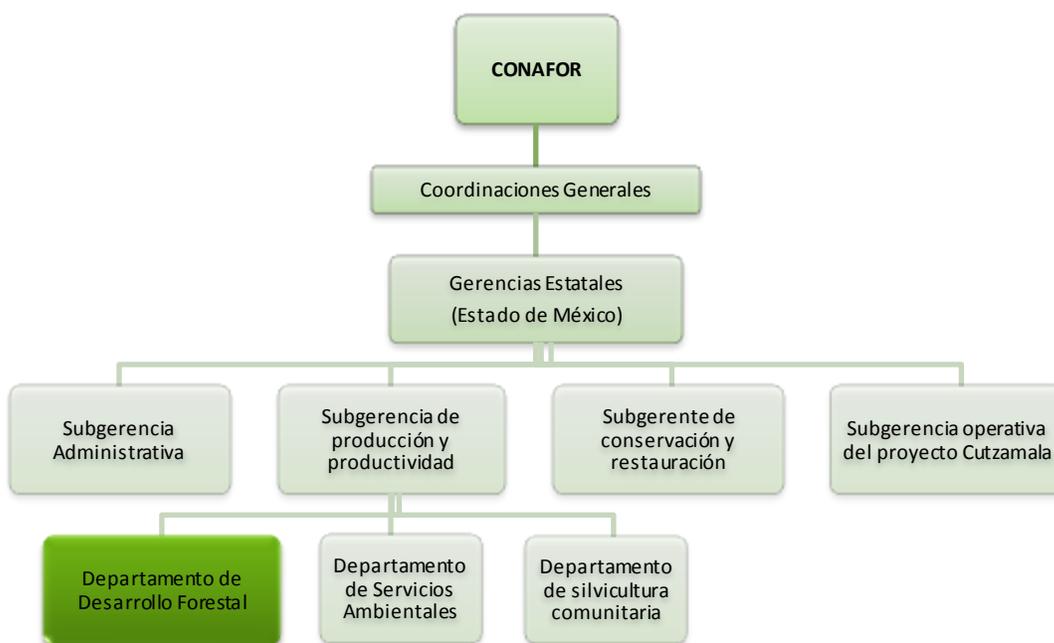
## MARCO TEÓRICO

*Este capítulo está destinado a describir el marco teórico que engloba a todo el sistema como tal, desglosando temas como Tecnologías de Información, Sistemas de Información Geográfica, Arquitectura Cliente – Servidor, Gestor de Base de Datos, Software de código abierto y Servidores de mapas.*

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR)

Es un Organismo Público Descentralizado cuyo objetivo es desarrollar, favorecer e impulsar actividades productivas, de conservación y restauración en materia forestal así como participar en la formación de planes, programas, y en la aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable (CONAFOR, 2013).



**Figura 1. Ubicación del departamento de Desarrollo Forestal en la estructura orgánica de la CONAFOR**

*Fuente: Elaboración propia con base en información del Portal de Obligaciones y Transparencia IFAI, (2013).*

*“Su misión: Promover e impulsar el desarrollo forestal sustentable mediante acciones de políticas públicas y ejecución de programas orientados a elevar la protección y productividad. Y así contribuir al crecimiento económico y desarrollo*

social. Su visión: ser una institución líder en el sector, eficiente y eficaz en el manejo de recurso públicos para el desarrollo forestal del país.” (Marco de referencia CONAFOR, 2014 – 2018).

### 2.1.1. Reglas de Operación

La CONAFOR en cumplimiento de su objeto, reconoce la importancia de los servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas forestales, tanto para sus dueños y poseedores, como para la sociedad en general, tales como los de provisión, entre los que se encuentran los productos forestales maderables y no maderables, alimentos, plantas medicinales, vida silvestre entre otros; los de regulación, que incluyen el agua en cantidad y calidad, regulación asociada a la biodiversidad, regulación de la erosión del suelo, regulación del clima y calidad el aire, regulación de la respuesta a eventos naturales extremos; los culturales que pueden ser tangibles o intangibles, pero que dependen fuertemente del contexto sociocultural; y los de sustento, que son los procesos ecológicos básicos.

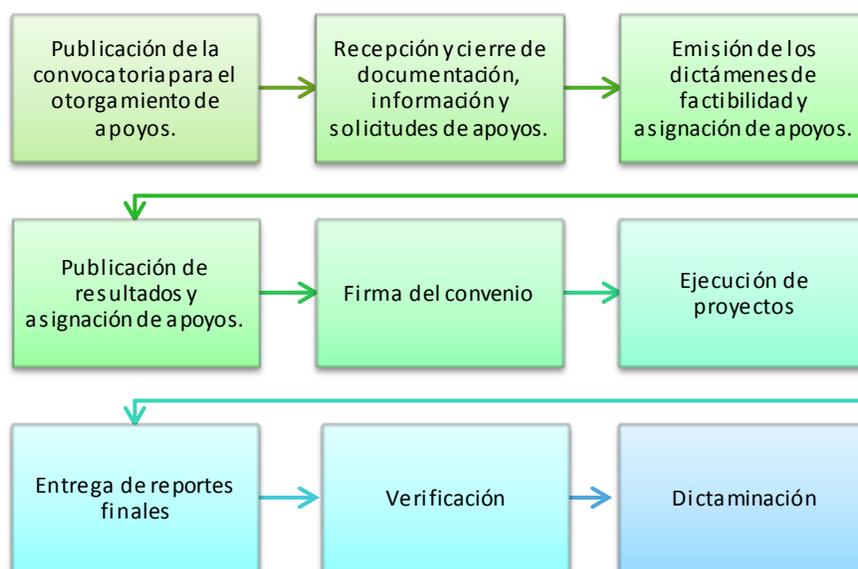


Figura 2. Mapa conceptual del procedimiento y desarrollo de proyectos

Fuente: Elaboración propia con base en información de las Reglas de Operación, (2012).

Los apoyos otorgados, por el departamento de Desarrollo Forestal, se basan en lo establecido en las Reglas de Operación y Lineamientos del Programa en curso, publicadas a través del Diario Oficial de la Federación. Tienen por objeto asegurar una aplicación eficiente, eficaz, equitativa y transparente de los recursos públicos, deben garantizar que los recursos se apliquen efectivamente al cumplimiento de los objetivos y metas de los programas autorizados en beneficio de los sectores o población. En la **Figura 2** se presenta un mapa conceptual del seguimiento para otorgar y gestionar un apoyo de Desarrollo Forestal.

## **2.2. TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Las TIG (Tecnologías de Información Geográfica) son un conjunto de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) especializadas, que ayudan a la recolección, manejo y análisis espacio – temporal de datos relacionados con los recursos, las características de los espacios naturales y los aspectos socioeconómicos de una zona. Su capacidad para visualizar la información espacial es un elemento importante para la comunicación, difusión e intercambio de conocimientos. (INFORESOURCES, 2007)

Los TIG incluyen las siguientes herramientas:

- **Sistemas de información Geográfica:** que ayudan en el almacenamiento y análisis de los datos referenciados geográficamente, integrando las operaciones para la creación de bases de datos con medios únicos de visualización y con el potencial en términos geográficos y de análisis de mapas.
- **Sistemas de Posicionamiento Global:** sistemas satelitales que permiten capturar la ubicación de puntos de muestra (viviendas, predios, parcelas, etc.).
- **Teledetección:** consiste en la exploración de la superficie de la Tierra desde satélites y aviones. La teledetección proporciona imágenes de la superficie que posibilitan la clasificación de los diferentes tipos de cubierta terrestre y el monitoreo de los cambios de uso de la tierra.

➤ **Herramientas de internet:** Visualizadores y servidores de mapas en la web, siendo como ejemplo común *Google Earth*, brindando nuevas formas de compartir la información y de visualizar datos en tiempo real.

Tendencias en tecnología e información espacial: Las TIG han venido a revolucionar en los ámbitos laborales, anteriormente sólo los profesionistas calificados podían hacer uso de ellas. Hoy día, se halla disponible una amplia gama de SIG; que van desde sistemas costosos basados en servidores hasta programas de PC baratos y fáciles de usar. En la web cada vez es mayor la disponibilidad de software de libre acceso, así mismo, ha ido aumentando la disponibilidad de datos espaciales. Además, la resolución espacial y temporal de datos de teledetección ha aumentado de una manera impresionante y cada vez hay más datos a los que se puede acceder de manera gratuita. En este contexto, el desarrollo de SIG en la web puede ser considerado como avance importante, abriendo nuevas posibilidades tales como actualizaciones de datos, más frecuentes y menos costosas e intercambio de información espacial por parte de usuarios de todo el mundo.<sup>3</sup>

### **2.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

En la década de los 60's en el país de Canadá fue desarrollado el primer Sistema de Información Geográfica Canadiense, por *Roger Tomlinson* para el inventario de Tierras del Canadá. Diferentes sistemas empezaron a ser desarrollados para aplicaciones específicas. En este caso se diseñó un sistema para almacenar mapas digitalizados y atributos correspondientes al terreno canadiense en un formato de fácil acceso. Este sistema aún se encuentra en operación (PANTER Y CHURCHA, 1987). *Chorley* en 1987 afirma que "los Sistemas de Información Geográfica son el paso adelante más importante desde la invención del mapa"

---

<sup>3</sup> Infocources, 2007. "Tecnologías de Información Geográfica para el Manejo de los Recursos Naturales".

(CHORLEY, 1987). En 1969, se publicó el trabajo *Diseño con Naturaleza de Ian McHarg*. Este trabajo sobre análisis de capacidad/uso de la tierra (SCA), es un sistema diseñado para analizar varias capas de datos para planificación, discutió el uso de superposiciones de capas de datos referidos especialmente para planeación y el manejo de los recursos (STAR Y ESTES, 1990). Durante el siglo XIX cartógrafos y científicos fueron descubriendo el potencial de las superposiciones para representar varios niveles de información sobre un área (STAR Y ESTES, 1990). Además, “los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen numerosas ventajas respecto a la cartografía convencional, puesto que de forma automática permiten manejar datos espaciales internamente referenciados, producir mapas temáticos y realizar procesos de información de tipo digital” (CONESA-GARCÍA, 1996).

### **2.3.1. Definición**

Actualmente se encuentran muchas definiciones de lo que son los Sistemas de Información Geográfica, algunas con perspectivas globales, funcionales y tecnológicas, que en seguida se mencionan.

Una definición más de SIG, es la proporcionada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi que dice: “*Un SIG es un conjunto de herramientas y actividades que actúan coordinada y sistemáticamente para recolectar, almacenar, validar, actualizar, manipular, integrar, analizar, extraer y desplegar información, tanto gráfica como descriptiva de los elementos considerados, con el fin de satisfacer múltiples propósitos*”.<sup>4</sup>

Un SIG también se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar y transformar y presentar toda la información geográfica y de

---

<sup>4</sup>Fuente: IGAC. Conceptos Básicos sobre Sistemas de Información Geográfica y aplicaciones en Latinoamérica, 1995.

sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato. Resulta ser componente de bases de datos y sirven como herramienta a la toma de decisiones, deduciendo que es un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional.<sup>5</sup>

Un SIG es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográfica referenciada, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.<sup>6</sup>

Es una herramienta computacional para trazar y analizar cosas que existan y sucesos que ocurren en la tierra (ESRI, 1998).

El SIG colecta, comprueba, analiza e integra innumerables tipos de operaciones, conjuntas en subsistemas según las aplicaciones, tales como:

1. Entrada de datos de varios orígenes, colectados y procesados como datos espaciales.
2. Almacenamiento de datos que permita recuperar, editar y actualizar la información.
3. Análisis, manipulación, presentación de tareas, manejo de datos adicionales, parámetros estimados, contrastes entre subsistemas y presentación de funciones modeladas.
4. Despliegue de todo o parte de la base de datos en forma de gráficos, tablas o mapas (PEDROZA - MARTÍNEZ, 2009).

---

<sup>5</sup> Fuente: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2006. "Los Sistemas de Información Geográfica".

<sup>6</sup> Fuente: (Enciclopedia Libre: Wikipedia, [On-Line] [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_Información\\_Geográfica](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Información_Geográfica)).

En conclusión se definen a los SIG como, un conjunto de herramientas (hardware, software) que sirven para el almacenamiento, recuperación, edición, y actualización de datos espacialmente referenciados, con el propósito de servir al ser humano para tomar decisiones a través de métodos y/o procedimientos.

### 2.3.2. Componentes de un SIG

Un SIG está compuesto por 5 componentes esenciales que dentro del sistema, cada uno cumple una función existiendo interacción entre ellos (**Figura 3**).

- **Hardware:** es el equipo de cómputo mediante el cual se crea y opera un SIG, hoy día el software de estos sistemas se ha adaptado a diversos tipos de hardware desde arquitecturas cliente – servidor hasta computadoras de escritorio aisladas.

- **Software:** es el conjunto de algoritmos que proporciona las herramientas necesarias para llevar a cabo los procedimientos y funciones de un SIG, almacenar, analizar y desplegar datos espaciales y sus atributos asociados, cada software cuenta con elementos esenciales que son: herramientas de entrada y manipulación de la información, sistema de administración de bases de datos (*DBMS Data Base Management System*), herramientas de consulta y visualización de información geográfica e interfaz gráfica de usuario (*GUI Graphical User Interface*) que facilitan el acceso a estas herramientas. En éste se implementan aplicaciones como las consultas espaciales y los lenguajes visuales para consultas espacio – temporales (BONHOMME, 1999).

- **Dato:** es conocido como el objeto del modelo del mundo real, se identifican las propiedades que lo forman, sus atributos referido a elementos descriptivos y el

tipo de geometría como el elemento espacial. Los datos a su vez se dividen en **Raster** y **Vector** se describen a continuación.

❖ **Datos Raster:** El modelo raster es un método para el almacenamiento, el procesado y la visualización de datos geográficos. Cada superficie a representar se divide en filas y columnas, formando una malla o rejilla regular. Las celdas son regulares, aunque no necesariamente cuadradas. Cada celda ha de ser rectangular, aunque no necesariamente cuadrada. Cada celda de la rejilla guarda tanto las coordenadas de la localización como el valor temático. La localización de cada celda es implícita, dependiendo directamente del orden que ocupa en la rejilla, a diferencia de la estructura vectorial en la que se almacena de forma explícita la topología. Las áreas que contienen idéntico atributo temático son reconocidas como tal, aunque las estructuras raster no identifican los límites de esas áreas como polígonos en sí.

En el mundo de los SIG existe una gran variedad de formatos raster, cada software que manipula imágenes posee su propio formato, en la siguiente lista se desglosan algunos, los más comunes:

\* **Jpeg:** Este formato, es un formato de intercambio usado comúnmente en imágenes grandes, de “color real”. Los formatos de archivos *JPEG* pueden guardar 8-bit en escala de grises o 24-bit en imágenes color, e incorporar la compresión de imagen *JPEG (Join Photographic Experts Group)*.

\* **Tiff:** La denominación en inglés “*Tagged Image Format*” (formato de archivo de imágenes con etiquetas) se debe a que los ficheros *TIFF* contienen, además de los datos de la imagen propiamente dicha, “etiquetas” en las que archiva información sobre las características de la imagen, que sirven para su tratamiento posterior.

\* **Png:** El formato *PNG (Portable Network Graphics, Gráficos de red portátil o formato Ping)* es un formato de archivos de gráficos de mapa de bits (una trama). Fue desarrollado en 1995 como una alternativa gratuita al formato *GIF*, que es un formato patentado cuyos derechos pertenecen a *Unisys* (propietario del algoritmo

de compresión LZW), a quien todos los editores de software que usan este tipo de formato deben pagar regalías.

❖ **Datos vectoriales** El modelo vectorial es una estructura de datos utilizada para almacenar datos geográficos. Los datos vectoriales constan de líneas o arcos, definidos por sus puntos de inicio y fin, y puntos donde se cruzan varios arcos, los nodos. La localización de los nodos y la estructura topológica se almacena de forma explícita. Las entidades quedan definidas por sus límites solamente y los segmentos curvos se representan como una serie de arcos conectados. El almacenamiento de los vectores implica el almacenamiento explícito de la topología, sin embargo solo almacena aquellos puntos que definen las entidades y todo el espacio fuera de éstas no está considerado. Existen muchos formatos vectoriales, sin embargo hay uno que es muy conocido en el contexto de los SIG es tratada en el formato *shapefile*. *MapServer* utiliza este formato para cargar capas vectoriales. El formato ESRI *Shapefile (SHP)* es un formato propietario abierto de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica como *Arc/Info* o *ArcGis*. Es un formato de almacenamiento digital que permite guardar datos correspondientes a la localización de los elementos geográficos así como sus atributos. Cuando se genera un archivo del tipo *shapefile (.shp)*, este siempre va acompañado de dos archivos más.

**.shp** = es el archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos

**.shx** = almacena el índice de las entidades geométricas

**.dbf** = contiene la información de los atributos de los objetos. Bajo esta extensión se encuentra el formato *Dbase* conocido por ser el primer sistema gestor de base de datos. Este es un formato ampliamente utilizado para prestaciones simples que requieran de un almacenamiento estructurado.

- **Personal:** equipo de trabajo encargado de la administración del SIG, así como el desarrollo de proyectos basados en el mundo real tal es el caso de analistas, desarrolladores, administradores, programadores y usuarios.

- **Métodos:** son planes de un buen diseño y las normas por parte de la empresa, las cuales son modelos y prácticas de operación de cada organización. (ESRI, 2001). Basados en estándares relacionados para aspectos geográficos que sugieren medidas para adoptar un determinado enfoque de aplicación y con ello respaldar su forma de trabajo.

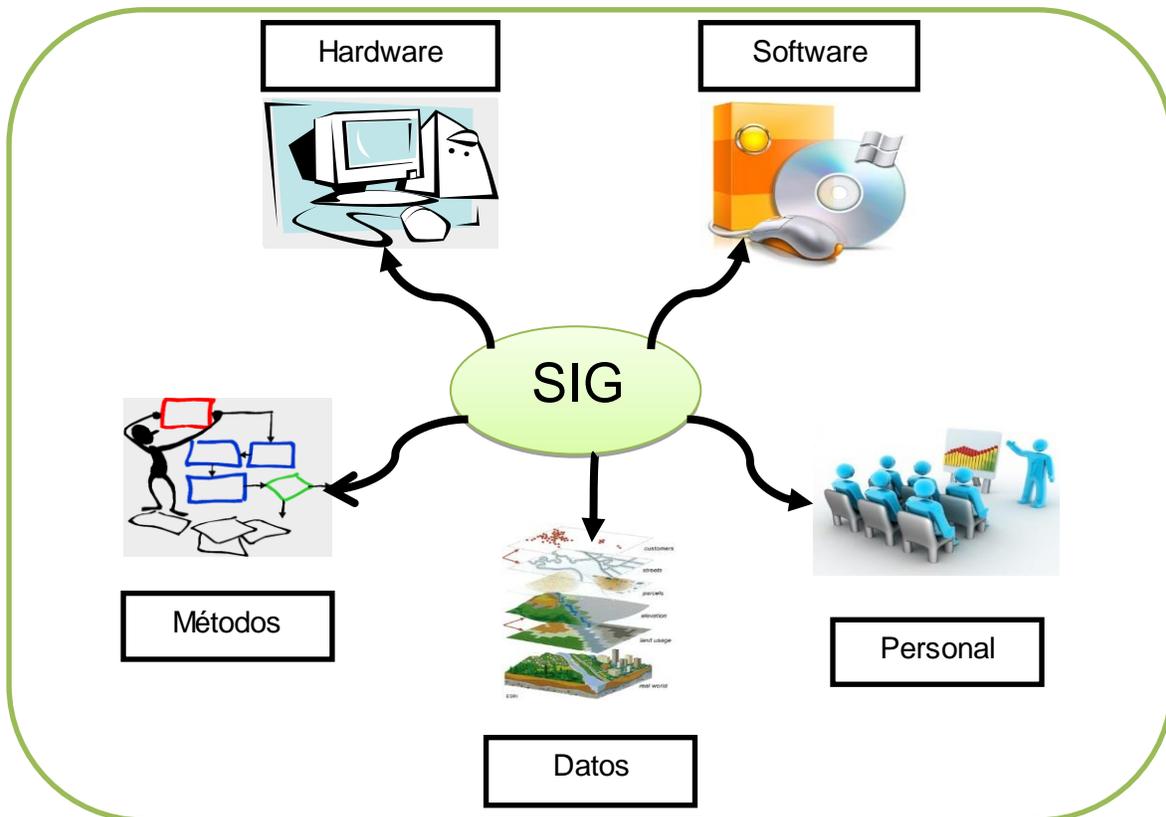


Figura 3. Componentes de un Sistemas de Información Geográfica.

Fuente: Elaboración propia con base en información de los SIG, (2013).

### 2.3.3. Funciones de un SIG

La funcionalidad primordial de un SIG es la gestión de información espacial, permite el almacenamiento de capas temáticas de manera independiente, lo cual hace el manejo ágil y rápido, permitiendo relacionar la información existente.

Problemáticas que un SIG puede resolver, según (PARRA A., 2006):

1. **Localización:** Preguntar por las características de un lugar en concreto.
2. **Condición:** El cumplimiento o no de algunas condiciones impuestas al sistema.
3. **Tendencia:** Comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
4. **Rutas:** Cálculo de rutas optimas entre dos o más puntos.
5. **Pautas:** Detección de pautas espaciales.
6. **Modelos:** Generación de modelos a partir de fenómenos o actualizaciones simuladas.

#### **2.3.4. Datos geográficos**

Existen dos tipos fundamentales de información geográfica: entidades geográficas y las variables espaciales. Las entidades geográficas son elementos que constan de una representación espacial (el fenómeno observable), además de una serie de atributos o valores asociados. Por su parte las variables espaciales son funciones que adoptan un valor en cada punto del terreno (por ejemplo la elevación, la pendiente, tipo de suelo o una imagen de satélite). En este contexto las entidades geográficas se clasifican por su representación espacial en puntuales, lineales y extensas. Y las variables espaciales se agrupan en áreas de valor constante, como por ejemplo el tipo de suelo (GOIZUETA, 2014).

#### **2.3.5. Bases de datos geográficas**

*“Una base de datos geográfica es una colección de datos organizados de tal manera que sirvan efectivamente para una o varias aplicaciones SIG. Esta base*

*de datos comprende la asociación entre dos principales componentes: datos espaciales y atributos o datos no espaciales” (ESRI, 1998).*

\* Donde los **datos espaciales** o atributos espaciales son aquellas características geográficas de los objetos a descritos (ubicación, dimensión y forma).

\* Los **datos no espaciales** o atributos son las características cuantitativas asociadas al objeto que se desea describir, generalmente se almacenan en tablas y se administran por algún manejador de bases de datos, también son llamados datos descriptivos.

\* **Capas geográficas** son las características geográficas del evento o área que se desea modelar, organizadas en temas para facilitar la información, dichas capas pueden ser almacenadas en archivos separados, dado que sus atributos son diferentes (ESRI, 1998).

\* **Entidad** es la representación digital del componente descriptivo de un rasgo geográfico, dándole un nombre para distinguirla de otras entidades (KORTH, 1998).

\* **Representación geométrica** constituye la representación digital del componente espacial de un rasgo geográfico, la base de datos geográfica sustenta tres tipos de representación geométrica: puntos, líneas y áreas. Cada entidad puede estar asociada con distintos tipos de representación geométrica, todo va depender de las dimensiones y de la escala (INEGI, 1997).

\* **Modelos de datos** son un conjunto de herramientas conceptuales para describir datos, sus relaciones, su significado y sus restricciones de consistencia. Los dos tipos de modelos que existen son los modelos orientados a registros también llamado relacional y los modelos orientados a objetos (KORTH, 1998).

### 2.3.6. Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGDB)

A lo largo del desarrollo de las tecnologías ligadas a los SIG desde los años 70's a la actualidad, una de las tendencias más claras es el papel, cada vez más importante, que tiene el uso de los SGBD para la gestión de datos temáticos como apoyo al SIG. En un principio fueron funcionales para el almacenamiento de atributos temáticos asociados a un conjunto de entidades espaciales almacenadas en formato vectorial, esto ha ido evolucionando en el sentido de que ya pueden ser útiles para almacenar información geométrica (sistema de coordenadas) de las entidades espaciales.

Un SGBD 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 (base de datos relacional) la base de datos consiste, de cara al usuario, en un conjunto de tablas entre las que se establecen relaciones. A pesar de sus semejanzas (ambos manejan conjuntos de tablas) existen una serie de diferencias fundamentales entre un SGBD y un programa de hoja de cálculo, la principal es que un SGDB permite:

- El método de almacenamiento y el programa que gestiona los datos (servidor) son independientes del programa desde el que se lanzan las consultas (cliente) (**Figura 4**).
- En lugar de primarse la visualización de toda la información, el objeto fundamental es permitir consultas complejas, cuya resolución está optimizada, expresadas mediante lenguaje formal.
- El almacenamiento de los datos se hace de forma eficiente aunque oculta para el usuario y normalmente tiene, al contrario de lo que ocurre en hojas de cálculo, poco que ver con la estructura que los datos se presentan al usuario.

El acceso concurrente de múltiples usuarios autorizados a los datos, realizando operaciones de actualización y consulta de los mismos garantizando la ausencia de problemas de seguridad (debidos a accesos no autorizados) o integridad (pérdida de datos por el intento de varios usuarios a acceder al mismo fichero al mismo tiempo) (RIGAUX - SCHOLL, 2001).

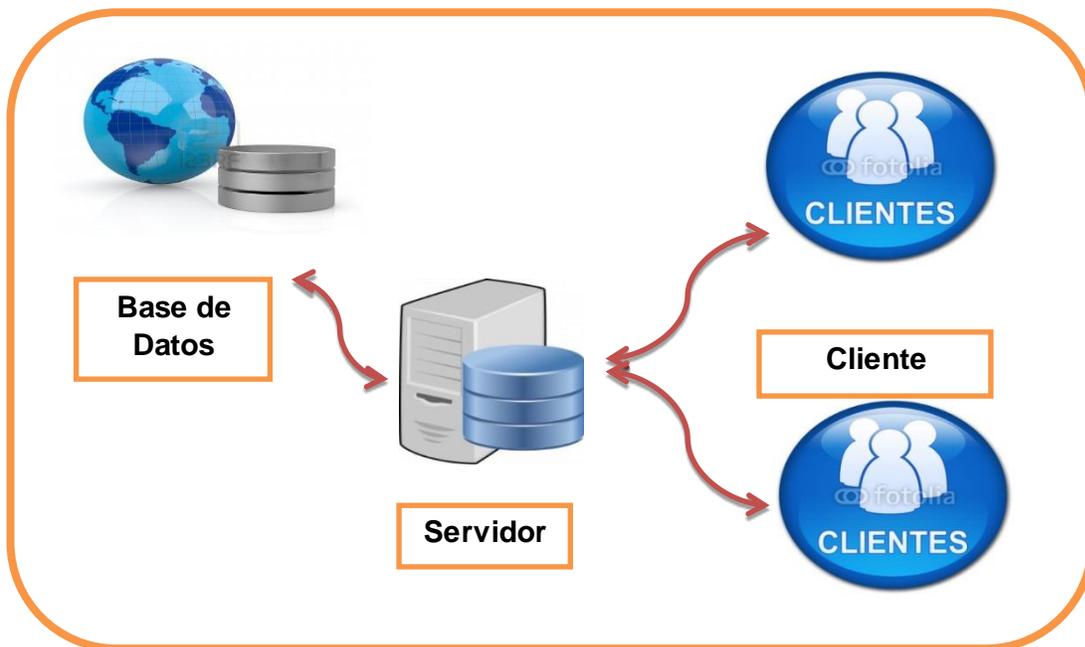


Figura 4. Esquema cliente – servidor de una base de datos

Fuente: Elaboración propia con base en información de arquitectura cliente – servidor, (2013).

### 2.3.7. Arquitectura Cliente – Servidor

Esta arquitectura sirve para el desarrollo de sistemas distribuidos, donde se realiza una distribución de la aplicación entre 2 o más componentes especializados cuya ejecución se implementa entre 1 o más equipos, define dos entidades (cliente y servidor) que se responsabilizan de acciones diferentes. Establece modelos de comunicación o interacción, establecidos por un diálogo de petición – respuesta (Ver figura 5).

- ♦ **Cliente:** Su función está basada en realizar el proceso de petición o formular requerimientos a un servidor.
- ♦ **Servidor:** Es aquel que tiene el control de los datos y que brinda un servicio a otros, al proceso servidor se le conoce como *back – end*, acepta y procesa los requerimientos sobre la base de datos (CIA, 2008).

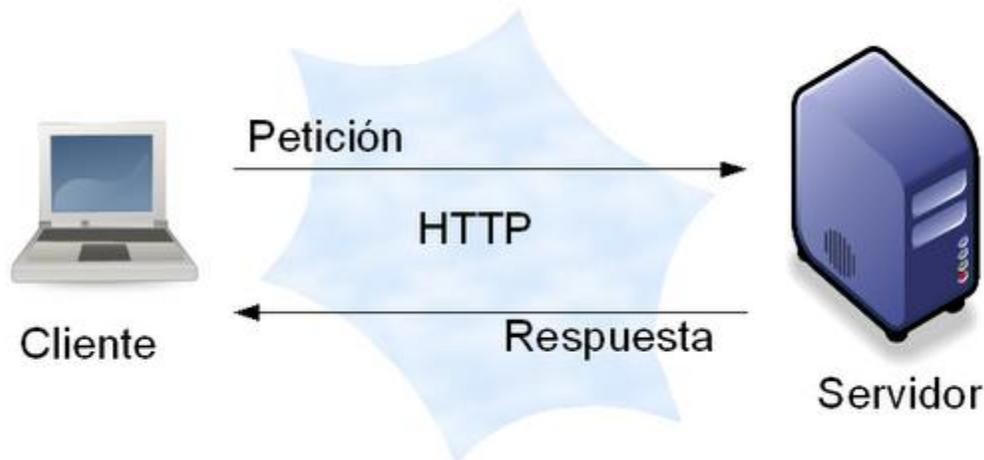


Figura 5. Esquema arquitectura cliente/servidor.

Fuente: <http://cursodecreacionweb.wordpress.com/2012/08/19/arquitectura-cliente-servidor/>

### 2.3.8. Ingeniería de Software

La ingeniería de software es una tecnología en varias capas, debe basarse en un compromiso organizacional con calidad. La administración total de la calidad *SixSigma* y otras filosofías similares alimentan la cultura de mejora continua, y es esta cultura la que lleva en última instancia al desarrollo de enfoques cada vez más eficaces de la ingeniería de software. El fundamento para la ingeniería de software es la capa proceso como se muestra en la **figura 6**, el proceso es el aglutinamiento que une las capas de la tecnología y permite el desarrollo racional y oportuno del software de cómputo, el **proceso** define una estructura que debe establecerse para la obtención eficaz de la tecnología de ingeniería de software,

este proceso forma la base para el control de la administración de proyectos de software, y establece el contexto en el que se aplican métodos técnicos, se generan productos del trabajo (modelos, documentos, datos, reportes, formatos, etc.), se establecen puntos de referencia, se asegura la calidad y se administra el cambio de manera apropiada.



Figura 6. Ingeniería del software, tecnología en varias capas.

Fuente: Elaboración propia con base en *Ingeniería del Software, Un enfoque práctico*, (2014).

Los **métodos** proporcionan la experiencia técnica para elaborar software. Incluyen un conjunto amplio de tareas, como comunicación, análisis de los requerimientos, modelación del diseño, construcción del programa, pruebas y apoyo. Estos métodos de ingeniería de software se basan en un conjunto de principios fundamentales que gobiernan cada área de la tecnología e incluyen actividades de modelación y otras técnicas descriptivas.

Las **herramientas** de ingeniería de software proporcionan un apoyo automatizado o semiautomatizado para el proceso y los métodos. Cuando se integran las herramientas de modo que la información creada por una pueda ser utilizada por otra, queda establecido un sistema llamado *ingeniería de software asistido por computadora* que apoya el desarrollo de software.

### 2.3.9. Lenguaje de Modelo Unificado

El UML por sus siglas en inglés, es “un lenguaje estándar para escribir diseños de software. Puede usarse para visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos de un sistema de software intensivo” (BOO, 2005). Dicho de otra manera se crean diagramas UML para facilitar el desarrollo y construcción de un software, si se entiende el vocabulario del UML (elementos pictóricos de los diagramas y su significado) es más fácil la comprensión y especificación del sistema, y a su vez se simplifica la explicación de su diseño a los demás. A mediados de los 90’s *Grandy Booch*, *Jim Rumbaugh* e *Ivar Jacobson* inventaron este Lenguaje de modelación, la comunidad de desarrollo de software retroalimentó y apoyo en su creación (PRESSMAN, 2010).

## 2.4. ESTÁNDARES Y SERVIDORES DE MAPAS

Más conocido por sus siglas en inglés *IMS (Internet MapServer)* provee de mapas o cartografía a través de Internet, el uso de la web como medio de difusión de mapas es sin duda a gran avance para la cartografía, facilitando el proceso de publicación de Información Geográfica actualizada, en tiempo real, y de forma más barata a cualquier parte del mundo. El proceso de diseño, implementación, generación y difusión de mapas es por medio de la *World Wide Web* y es conocido como *Web Mapping*, aprovechando la arquitectura Cliente – Servidor, el cliente funciona como *browser* con un visualizador de mapas con alguna tecnología del lado del cliente, enviando una petición al servidor, recuperando la información de la *geodatabase* devolviendo un mapa de forma interactiva y dinámica.

### 2.4.1. Aplicaciones Web

Son llamadas “*web apps*”, es una categoría de software que se está centrado en redes agrupando una amplia gama de aplicaciones. Las *web apps* son más que un conjunto de archivos de hipertexto vinculados entre sí para presentar información mediante el uso de texto y gráficos limitados. Pero a partir del surgimiento de Web 2.0, las *web apps* están con continua evolución dirigiéndose hacia ambientes de cómputo sofisticados que no solo proveen características aisladas, funciones de cómputo, y contenido para el usuario final, sino que también están integradas con bases de datos corporativas y aplicaciones de negocios (PRESSMAN, 2010).

### 2.4.2. Infraestructura de Datos Espaciales

Las IDE se definen de acuerdo al concepto oficial de España, es un sistema informático integrado por: Un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas datos, aplicaciones Web), destinados a gestionar la Información Geográfica, dichos recursos se encuentran disponibles en internet y cumplen una serie de condiciones de interoperabilidad, esos recursos permiten que un usuario, utilizando un simple navegador, pueda modificarlos según sus necesidades.<sup>7</sup>

#### Componentes de las IDE

- ♦ **Datos:** datos de referencia son los que forman el Mapa Base (sistema coordinado) y datos temáticos que son los datos que proporcionan información sobre un fenómeno concreto: clima, educación, industria, vegetación, población, etc...).
- ♦ **Metadatos:** Son los datos que lo describen a los datos de manera unívoca.
- ♦ **Estándares:** Especificación dada por una autoridad.

---

<sup>7</sup> Fuente: [http://www.idee.es/show.do?to=pideep\\_que\\_es\\_IDEE.ES](http://www.idee.es/show.do?to=pideep_que_es_IDEE.ES)

- ♦ **Servicios:** los servicios IDE ofrecen funcionalidades accesibles vía Internet mediante un navegador, sin necesidad de disponer con otro software específico.
- ♦ **Software IDE:** las múltiples herramientas que se utilizan para el desarrollo e implementación de aplicaciones en el contexto de una IDE, deben cumplir con los estándares *Open Geospatial Consortium (OGC)* para que puedan ingresarse y ser accesibles a través de un Geoportal.

### 2.4.3. Web Mapping

Es un conjunto de productos, estándares y tecnologías que permiten el acceso a través de internet, a la información geográfica representada usualmente como mapas, así mismo pone a disposición servicios geoespaciales de descubrimiento, visualización y transferencia.

El *Web Mapping* no solo es un software, sino que también requiere de estándares para garantizar la interoperabilidad siendo uno de los más utilizados el WMS (*Web Map Service*).<sup>8</sup>

### 2.4.4. Open Geospatial Consortium

El *Open Geospatial Consortium (OGC)* fue fundada en 1994 agrupa a 372 organizaciones públicas y privadas. Su fin es la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los Sistemas de Información Geográfica y de la *World Wide Web*.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Fuente:

[http://aceptacion2.dnet.cl/Snit\\_IDE/images/Publicaciones/Documentos/DOCUMENTOS/recomendacionwms/files/assets/downloads/publication.pdf](http://aceptacion2.dnet.cl/Snit_IDE/images/Publicaciones/Documentos/DOCUMENTOS/recomendacionwms/files/assets/downloads/publication.pdf)

<sup>9</sup> Fuente: <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/recurso/19-0>

Es un consorcio internacional, formado por un conjunto de empresas, agencias gubernamentales y universidades, dedicado a desarrollar especificaciones para promover y facilitar el uso global de la información espacial. De todos los servicios *web* de OGC, el más conocido y usado es el servicio de mapas de *Web Map Service (WMS)*.

Los servidores de mapas se apoyan de software y hardware, donde dichos elementos nos permiten publicar la información geoespacial en internet a través de estándares de protocolos. Los datos de SIG se encuentran albergados en servidores, permitiendo al cliente (y/o usuario) interactuar con ellos de manera dinámica por medio de un navegador web. Existen diferentes tipos de servicios de información geoespacial (**Tabla 1**).

Todos estos servicios suelen llevar asociados, estándares de interoperabilidad especificados generalmente por el **OGC** (*Open Geospatial Consortium*).

**Tabla 1. Descripción de tipos de servidores de mapas.**

TIPOS	DESCRIPCIÓN
<b>Servicios de mapas</b>	Reciben peticiones por parte de clientes, acceden a la información vectorial, y/o raster y genera imágenes de mapas que se sirven a un cliente, o bien responden a peticiones de acceso a la información relacionada con mapas servidos, como propiedades de un elemento, etc.
<b>Servicios de geometrías</b>	<b>de</b> Presentan información geoespacial en formato vectorial, incluyendo geometrías y atributos alfanuméricos, para que el cliente procese y represente o maneje en local.
<b>Servicios de coberturas</b>	<b>de</b> Presentan información geoespacial de diferentes tipos a los clientes, con la particularidad de ofrecer la

	información original sin necesidad de que sea procesada.
<b>Servicios de catálogo</b>	Ofrecen acceso a metadatos y búsqueda de información sobre cartografía.
<b>Servicios de procesamiento</b>	Ofrecen el procesamiento de información geoespacial en el lado del servidor, enviando los resultados finales a los clientes.

Fuente: <http://www.prodevelop.es/es/tecs/geo/servidoresmapas> (2013).

### 2.4.5. Estándares OGC

Son acuerdos entre las diferentes empresas del sector que hacen posible la interoperación de sus sistemas de geoprocesamiento y facilitan el intercambio de la información geográfica.

El **OpenGIS Service Architecture** define un número de categorías de Servicio de Dominio Geoespacial. Ofrece métodos para permitir la superposición visual de información geográfica compleja y distribuida simultáneamente en Internet. **Open Source** surge cuando los desarrolladores pueden leer, redistribuir y modificar el código fuente de una aplicación, evolucionando. Mejorando el software, adaptando o corrigiendo bugs (error de software) con gran rapidez. Los beneficios de *Open Source* son: no existencia de costo en la licencia del producto como tal, brinda independencia del proveedor disponiendo del código fuente, no existen políticas ocultas o censuradas de la compañía.

#### 2.4.5.1. Web Map Service (WMS)

Se trata de un estándar consolidado que esta implementado por un gran número de herramientas tanto cliente (*gv SIG, ArcGIS Desktop, Geonetwork, deJump,*

etc.) como servidores (*MapServer* y *Geo Server*, *Degree*, *ArcGIS Server*, *ArcIMS*, etc.), ya sea de carácter comercial o de código abierto.

Es un servicio definido por la OGC que permite compartir información geográfica a través de la red de Internet, a diferencia de un repositorio es posible a través de un servidor de mapas, la mayoría de los servidores de mapas tienen soporte para este estándar siendo el más popular de a los estándares de la OGC. Un WMS produce "carto-imágenes" o mapas a partir de datos georeferenciados, pero que sólo permite una representación gráfica de ellos. Este servicio define 3 operaciones, solicitadas por medio de *URLs* (*Uniform Resource Locators*) y son:

- ***getCapabilities***: Obtiene información del servicio en forma de metadatos recorriéndose las capas y estilos disponibles.
- ***getMap***: Devuelve un mapa rasterizado como imagen tipo PNG, GIF, JPEG o SVG.
- ***getFeatureInfo***: proporciona información sobre un punto del mapa en el formato que defina el proveedor del servicio. Sólo se encuentra disponible en mapas que se definan como "queryables" (consultables).

#### **2.4.5.2. Web Feature Service (WFS)**

Es un servicio que define una interfaz para realizar consultas específicas de las características geográficas y/o atributos de datos vectoriales a través de la Web, define interfaces y operaciones para tener acceso y manipular características específicas de un conjunto de información geográfica (CHRISTOPHER P. PAREDES, 2009)

Generalmente los productos proporcionados por un WFS están en formato *GML* (conjunto de macros que simplifican la descripción de un documento).

Sus operaciones son:

- **getCapabilities:** Indica que capas ofrece el servicio y cuáles son sus características, además de aportar información sobre operaciones soportadas.
- **getFeatureType:** Devuelve la estructura (campos y tipos) de las capas disponibles por el servicio.
- **getFeature:** Permite realizar peticiones de información, se debe identificar la capa sobre la que se quiere solicitar la información y devuelve un GML con las geometrías y atributos solicitados.
- **getGMLObject:** Permite obtener *features* y elementos por su ID de un WFS.
- **Transaction:** permite realizar operaciones de edición (crear, eliminar o modificar elementos).
- **LookFeature:** permite el bloqueo de una o varias capas mientras está teniendo lugar una operación transaccional.<sup>10</sup>

#### 2.4.5.3. Otros

Entre los que se encuentran son:

- **Web Coverage Service (WCS):** Servicio análogo a un WMS para datos raster. Permite no solo visualizar información raster sino además consultar el valor del atributo o atributos almacenados en cada pixel.
- **Catalog Service for the Web:** Esta forma se centra en la implementación de los servicios de catálogo de datos y servicios geográficos basados en metadatos. Se apoya en la norma ISO 19115 que trata sobre la construcción de perfiles de metadatos mediante el empleo del lenguaje XML.

---

<sup>10</sup> Fuente: <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/recurso/19-0>

- **Gazetter (WFS-G):** Este estándar especifica cómo se deben implementar servicios de nomenclátor. Un servicio de nomenclátor ofrece la posibilidad de localizar un fenómeno geográfico de un determinado nombre. Admite como entrada el nombre del fenómeno y devuelve la localización mediante unas coordenadas del fenómeno en cuestión. Adicionalmente, la consulta por nombre permite fijar otros criterios como la extensión espacial en que se desea buscar o el tipo de fenómeno dentro de una lista disponible (río, montaña, etc.). Si hay varios que cumplen la condición de búsqueda, el servicio presenta una lista de los nombres encontrados con algún atributo adicional para que el usuario pueda elegir el que desea.

- **Web Processing Service (WPS):** Esta norma trata sobre la implementación de servicios de geoprocésamiento remoto. Se trata de una norma “paraguas”, de gran importancia, pues puede dar cobertura casi a la totalidad de servicios definidos en la arquitectura ISO 19119. Esto es así por la propia naturaleza del concepto de geoprocésamiento: proceso que transforma una información espacial de entrada en una información de salida. De este modo, servicios de transformación de coordenadas, cambio del formato de almacenamiento o generalización pueden ser implementados mediante realizaciones del estándar WPS.

- **Keyhole Markup Language (KML):** KML es un lenguaje de marca basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones. Fue desarrollado para ser manejado con *Google Earth* (originalmente *Keyhole* antes de ser adquirido por *Google*) y su gramática contiene muchas similitudes con la de *GML*. Los ficheros *KML* a menudo suelen distribuirse comprimidos como ficheros *KMZ*. Las especificaciones *KML 2.2* fueron presentadas ante el *Open Geospatial Consortium (OGC)* con el fin de alcanzar un estatus de estándar abierto como formato de intercambio de información geográfica. En noviembre de 2007 la *OGC* crea un nuevo grupo de trabajo sobre *KML 2.2* y se solicitan alegaciones hasta el 4 de enero de 2008. El 14 de abril de 2008 se convirtió definitivamente en nuevo estándar de la industria.

Del mismo modo que un navegador lee un archivo *HTML* y muestra su contenido, *Google Earth* lee un archivo *KML* y muestra en las imágenes de satélite los contenidos. Éstos pueden ser marcas de posición, descripciones, líneas, polígonos, etc. *KML* tiene una estructura de *tags* con elementos anidados y atributos, así, un archivo *KML* puede contener desde un objeto con sus atributos (por ejemplo una chincheta marcando la situación de la Torre inclinada de Pisa) hasta tantos objetos como se desee (por ejemplo la situación de todos los estadios de los equipos de la 1ª División española). *KML* se puede usar para crear iconos y etiquetas que identifican lugares, para especificar diferentes posiciones de la cámara que definen diferentes vistas de la superficie, superponer imágenes, crear estilos que definen la apariencia de los elementos, organizar los elementos de forma jerárquica, etc.<sup>11</sup>

#### **2.4.6. Apache 2.2.22**

Es un poderoso y flexible servidor web *HTTP* de código abierto multiplataforma (*LINUX, UNIX, Windows, etc.*) desarrollado por *Apache Software Foundation*. Su objetivo principal es servir y suministrar páginas web (en general, hipertextos) a los clientes web o navegadores que lo solicitan. Es el servidor web de mayor uso en el mundo, con cerca del 70% de ellos, por lo que es uno de los grandes íconos del software libre.

Utiliza una arquitectura cliente/servidor el cliente envía una solicitud al equipo servidor y éste la atiende. En el equipo cliente se ejecuta una aplicación llamada navegador que:

- Sirve de interfaz con el usuario: atiende las peticiones, regresa resultados de las consultas y proporciona un conjunto de herramientas para facilitar la comunicación.
- Se comunica con el servidor web (transmite las peticiones de los usuarios)

---

<sup>11</sup>Fuente: <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/recurso/37>

El protocolo de hipertexto *HTTP* que es utilizado se basa en el envío de mensajes estableciendo un conjunto de normas mediante las cuales se mandan las peticiones de acceso a la web y se da respuesta a la misma.

Este servidor web proporciona contenidos al cliente web o navegador tales como:

- **Páginas estáticas:** es cuando el contenido es descrito en *HTML* y no se necesita de ninguna interacción con el servidor web.
- **Páginas dinámicas:** es cuando el contenido en el *HTML* es generado por un servidor web utilizando un lenguaje de programación de servidor y es necesario la interacción con el servidor.<sup>12</sup>

#### **2.4.7. PHP: Hypertext Preprocessor 5.4.3**

Creado por *Rasmus Lerdorf* en 1995, basado en *scripts* desarrollados en *perl*, para controlar accesos a sus trabajos *online* llamándolo “*Personal Home Page Tools*”, posteriormente estos *scripts* fueron reescritos en C, liberando el código para continuar su desarrollo hasta ser uno de los más importantes lenguajes de programación en el entorno *WEB*. Tiene la característica de ejecutarse en el equipo servidor y no en el cliente como *JAVA*, admitiendo el acceso a recursos que se encuentran en el servidor como puede ser la base de datos.

Que se puede hacer con PHP:

- Realizar operaciones sobre ficheros del servidor
- Obtener datos de un formulario (*XHTML*)
- Acceder a bases de datos
- Gestionar “*cookies*”
- Gestionar seguridad de un sitio web
- Crear imágenes
- Crear *PDF*

---

<sup>12</sup> Fuente: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/eu/software/servidores/580-elvira-mifsud>

- Tratamiento de *XML*
- Comunicación con *Java Servlets*<sup>13</sup>

#### **2.4.8. PHP/Map Script 6.0.3**

Es una librería que extiende el lenguaje *PHP* con las funciones necesarias para acceder a la interfaz de Programación (*API*) de *MapServer*, dando capacidad a *PHP* para ingresar, manipular y representar la información cartográfica almacenada en los archivos del software SIG.

#### **2.4.9. MapServer version 3.0.6**

Más allá de los datos de navegación SIG, *MapServer* permite crear “imágenes de mapas geográficos”. Originalmente *MapServer* fue desarrollado por el proyecto *ForNet* de la Universidad de Minnesota (UMN) en cooperación con la NASA y el Departamento de Recursos Naturales de Minnesota (MNDNR). Más tarde fue organizada por el proyecto *TerraSIP*, un proyecto patrocinado por la NASA entre la UMN y un consorcio de interés de gestión de la tierra.

Es una plataforma de *Open Source*<sup>14</sup> para la publicación de datos espaciales y aplicaciones de cartografía interactiva para la web. Originalmente desarrollado a mediados de la década de los 90's en la Universidad de Minnesota a partir de un proyecto financiado por la NASA, *MapServer* esta liberado mediante la licencia de tipo MIT, y funciona en todas las plataformas principales (*Windows, Linux y MAC OSX*). Mantenido por más de 20 desarrolladores en el mundo. *MapServer* es compilado con una serie de librerías de terceros dependiendo de la funcionalidad

---

<sup>13</sup> Fuente: <http://web.fdi.ucm.es/profesor/fpeinado/courses/webtech/Tema7-PHP.pdf>

<sup>14</sup> La *Open Source Initiative (OSI)* es una corporación sin fines de lucro con ámbito global formado para educar y defender los beneficios del código abierto, y de construir puentes entre los diferentes grupos de la comunidad de *Open Source*.

que se espera. Sus capacidades pueden ser extendidas a través de *MapScript* y customizada mediante *templating*. *MapScript* provee una interfaz de programación para la construcción de aplicaciones web y de escritorio, puede ser utilizado independientemente de *CGI MapServer*, y está integrado por un módulo con soporte para *PHP, Perl, Python, Ruby, Tcl, Java* y *.Net*.

*MapServer* define 3 principales interfaces que soportan la cartografía Web:

- **GetMap** especifica los parámetros de petición de mapas que permite a los servidores múltiples producir diferentes capas de mapas para un único cliente,
- **GetCapabilities** explica lo que un servidor de mapas puede hacer para que los clientes sepan qué pedir y
- **GetFeatureInfo** especifica como pedir más información sobre características de mapas en la web.

En la **Figura 7** se muestra la estructura del procedimiento de petición WMS:

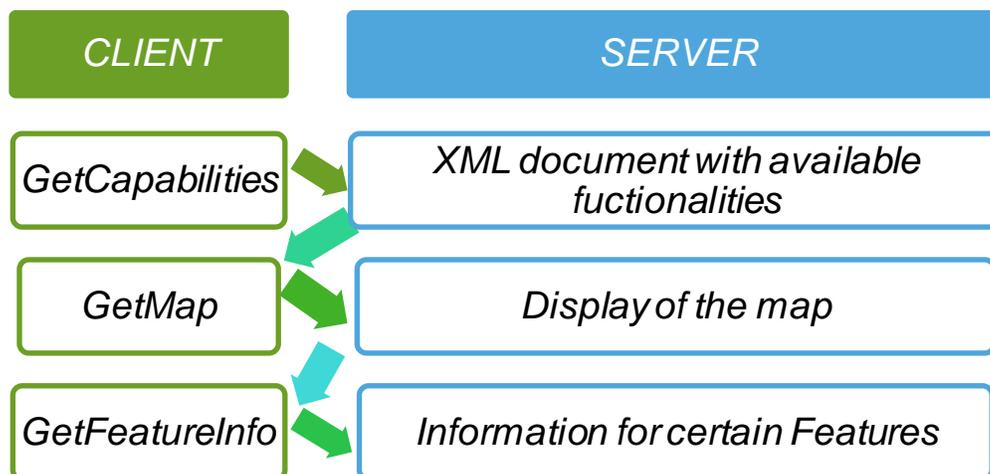


Figura 7. Estructura de solicitud WMS.

Fuente: Zeder, (2009)

### Principales características:

- Soporte para mostrar y consultar cientos de formatos raster, vector y bases de datos.

- Ejecución en varios SO's (*Windows, Mac OS X, etc*).
- Proyecciones *on-the-fly* (dinámicas).
- Soporte de lenguajes *scripting* y entornos de desarrollo (*PHP, Perl, Python, Ruby, Java* y *.NET.*).
- Dibujos de alta calidad.
- Salida de la aplicación adaptable a las necesidades requeridas.

#### **2.4.9.1. Arquitectura MapServer**

La aplicación basada en *MapServer* consiste en:

- ✓ *Map file*: archivo estructurado de texto para la configuración de la aplicación.
- ✓ *Datos Geográficos*: Utilizan una serie de tipos de fuente de datos georeferenciados, a partir de los cuales se construye la imagen.
- ✓ *Páginas HTML*: interface entre usuario y *MapServer*.
- ✓ *MapServer CGI*: ejecutable que recibe una petición y devuelve una imagen, datos, etc.
- ✓ *HTTP Server*: interpreta la petición del navegador y devuelve la página *HTML*.

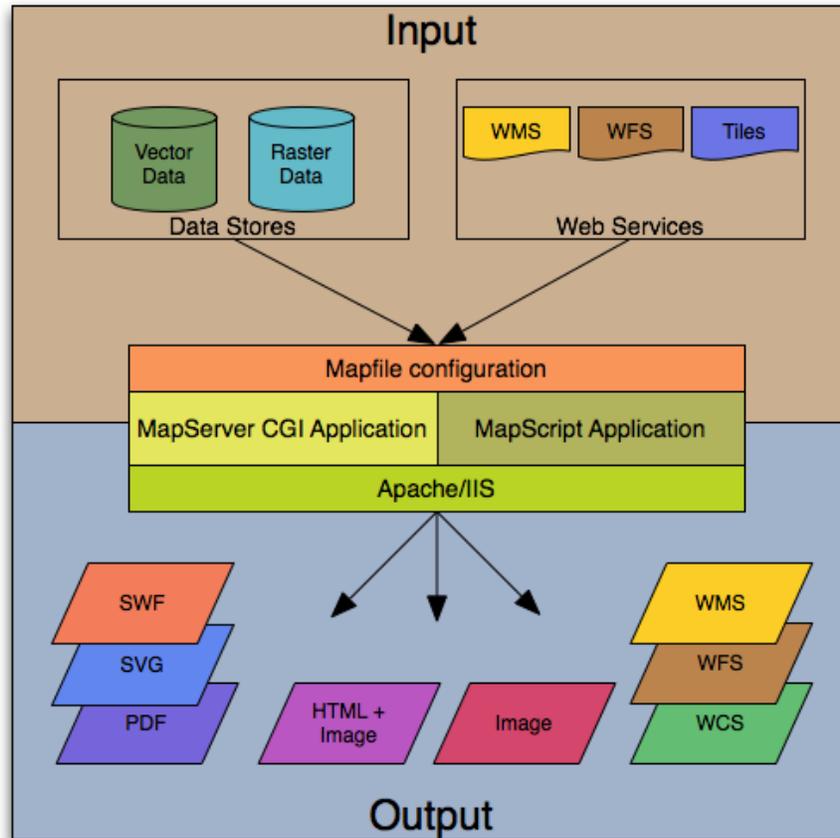


Figura 8. Anatomía de *Mapserver*.

Fuente: <http://mapserver.org/mapfile/index.html#mapfile>

#### 2.4.10. Framework

Un *framework* de desarrollo para aplicaciones Web orientadas a Mapas, es un entorno de desarrollo que permite generar rápidamente una aplicación funcional. Debido a que la mayoría de los *frameworks* ya disponen de entornos prediseñados que se adaptan a nuestro problema y modifican a nuestras necesidades, sin embargo cada *framework* posee su API de desarrollo que trabaja de una manera distinta a los demás, así que la complejidad está en aprender a utilizar estas herramientas que dependerá del manejo que se tiene del lenguaje en que se

desarrolla dicha herramienta. Al momento de elegir un *framework* tenemos que basar nuestra elección en algunos criterios mínimos como: lenguaje de desarrollo, plataforma en que se ejecuta, funcionalidades que ofrece y curva de aprendizaje.

Si bien los *framework* comúnmente se encuentran en el lado del servidor, también pueden usarse como clientes de otros servidores de mapas.

#### **2.4.11. P.mapper 4.3.6**

Es un *Framework* basado en *MapServer PHP/MapScript* desarrollado por *DM Solutions*. Este *Framework* en el proceso de publicación de mapas brinda funcionalidades y múltiples configuraciones que facilitan la personalización de aplicaciones de *MapServer* basadas en *PHP/MapScript*. Entre otras características que destacan son las funcionalidades de búsqueda, visualización de resultados de consultas con búsquedas sobre la bases de datos y *links* de impresión en *HTML* y *PDF*, y configuración de funciones que cambian el comportamiento y forma de mostrar los mapas que pueden realizarse a través de archivos de configuración (MAPSERVER, 2013).

## **2.5. SOFTWARE LIBRE**

A principios de los años 70's se delegaba que quien comercializara un software podía imponer condiciones bajo las que puede usarse, siendo el caso de prohibir el uso a un tercero. A pesar de que el software es el elemento tecnológico más flexible y adaptable que tenemos, se impone la dificultad de adaptarlo a nuestras necesidades en concreto, o en dado caso corrección de errores específicos, sin el permiso explícito del productor, normalmente se reservan estas posibilidades. La legislación actual ofrece posibilidades y mayor flexibilidad a la corrección de

errores en el software libre, lo que el software primitivo niega. (GONZÁLEZ Y COL., 2007).

*Richard M. Stallman* concibe el término software libre, su definición hace referencia a 4 libertades:

- I. Libertad para ejecutar el programa sea cual fuere el propósito.
  - II. Libertad para modificarlo y adaptarlo a nuestras necesidades. Esto exige el acceso al código fuente.
  - III. Libertad de redistribución, siendo de forma gratuita, o bien a cambio del pago de un precio.
  - IV. Y libertad para mejorar el programa u distribuir las modificaciones realizadas de tal forma que la comunidad pueda aprovecharlas.
- (STALLMAN, 2004)

En la actualidad el software libre ha ido evolucionando y desplazando al software licenciado y de alto costo, en el ambiente de los SIG existen diversas utilerías de libre acceso *MapServer* es un ejemplo de ello, siendo el servidor de mapas más conocido y difundido, innovando, ofreciendo mayor soporte a fuentes de datos, salidas de mapas y *APIs* de programación, apegados a estándares de la OGC (*Open Geospatial Consortium*).

### **2.5.1. Quantum GIS**

Es un SIG de código abierto para plataformas *GNU/Linux*, *Unix*, *MacOS* y *Microsoft Windows*. Fue uno de los primeros proyectos de la fundación *OSGeo* y en el año de 2008 finalmente paso de la fase de incubación. Permitiendo manejar formatos raster y vector a través de las bibliotecas *GDAL/OGR* (*Geospatial Data Abstraction Library*) que sirve para la lectura y escritura de formatos de geoespaciales<sup>15</sup>, es la herramienta más usada siendo el motor de acceso a datos de muchas aplicaciones entre las que destacan se encuentran *MapServer*,

---

<sup>15</sup> Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/GDAL>

*GRASS, QGIS, OpenEV, OSSIM, CadCorp SIS, FME, Google Earth, VTP, Thuban, ILWIS, MapGuide y ArcGIS*<sup>16</sup>, así como base de datos. Permite establecer conexión remota con repositorios *WMS* y edición de los atributos de un *shape*.

### **2.5.2. PostgreSQL 8.4**

Es un gestor de bases de datos orientadas a objetos muy conocido y usado en entornos de software libre porque cumple los estándares *SQL92* y *SQL99*, y también por el conjunto de funcionalidades avanzadas que soporta, lo que lo sitúa a un mejor nivel que muchos SGBD comerciales (GIBERT, 2009).

### **2.5.3. PostGIS 1.5**

Es un módulo de lenguaje espacial y extensión de *PostgreSQL*. La *OGC WKT (Well-Known Text) and WKB (Well-Know Binary)* define el tipo y las coordenadas de un objeto, en otras palabras asigna el soporte geográfico a objetos en la base de datos. *PostGIS* está desarrollado por *Refractions Research Inc*, un SIG y una empresa de consultores en Victoria, British Columbia en Canadá (GEO-CONSORTIUM, 2013).

Las funciones más destacadas de *PostGIS* están basadas en un conjunto de librerías (*GEOS*) *Geometry Engine Open Source* permitiendo manipular los datos directamente de la BD, por medio de consultas *SQL*.

Los Gestores de Bases de Datos *Oracle Spatial* y *PostGIS* adoptan un estándar de *OpenGIS* el cual define datos geométricos de tipo *point, linestring, polygon, multipoint, multipolygon, y geometrycollection* (ISO/TC 211 19107 2001) e (ISO/TC

---

<sup>16</sup> Fuente: [http://live.osgeo.org/es/overview/gdal\\_overview.html](http://live.osgeo.org/es/overview/gdal_overview.html)

211 19125-2 2001), fundado en el modelo espacial de bases de datos (SHEKHAR 2003, p. 26, 31). *PostGIS* almacena solo un atributo geométrico de un elemento espacial ya sea *point*, o *linestring*, o *polygon*, etc., pero nunca dos.

Las especificaciones del estándar de *OpenGIS* están almacenadas en dos tablas de metadatos que son *SPATIAL\_REF\_SYS* y *GEOMETRY\_COLUMNS*, en la primera resguarda el identificador numérico y la descripción textual del sistema de coordenadas espacial de la base de datos.

La tabla *geometry\_column* define el elemento espacial que es el nombre de la base de datos, del esquema y de la tabla.

# Capítulo 3

## METODOLOGÍA

*Este capítulo está destinado a la publicación y descripción detallada de la metodología empleada, para el desarrollo de aplicaciones Web Mapping, bajo plataformas de software de código abierto.*

## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

La metodología está basada en Ingeniería del Software, principalmente en uno de los modelos de proceso prescriptivo, *Roger S. Pressman* menciona que estos modelos “ *fueron propuestos originalmente para poner un orden en el caos de desarrollo de software*”. *Pressman* los llama modelos prescriptivos porque prescriben un conjunto de elementos del proceso (actividades estructurales, acciones de ingeniería de software, tareas, productos del trabajo, calidad y mecanismos del control de cambio para cada proyecto). Estos modelos también se distinguen por su flujo de proceso o trabajo, describiendo la manera en la que los elementos del proceso se relacionan entre sí. Y los modelos que existen dentro de este grupo son: 1) Modelo de Cascada: existes dos tipos dentro de este grupo el primero ciclo de vida clásico y el segundo ciclo en V, estos modelos ofrecen un enfoque sistemático y secuencial, 2) Modelos de proceso incremental: combinan los flujos del proceso lineal y paralelo, se centra en el en que en cada incremento se entrega un producto que ya opera, 3) Modelos de proceso evolutivo: estos modelos son iterativos y se caracterizan porque permiten desarrollar versiones cada vez más completas del software, y 4) Modelos concurrentes: en ocasiones llamado ingeniería concurrente, permite que el equipo de software represente elementos iterativos y concurrentes.

En el desarrollo de este proyecto de *Web Mapping* se elige, se adecua y se utiliza el modelo de cascada “Ciclo de vida del software” también denominado lineal secuencial, mismo que ofrece métodos y técnicas para producción y mantenimiento de aplicaciones informáticas de calidad. Para este caso se comienza con el análisis y la especificación de requerimientos por parte del cliente, siguiendo una planeación de desarrollo, desarrollo de diseños, programación, implementación y evaluación (*PRESSMAN, 2010*).

En la **figura 9** se muestra el modelo de cascada establecido y adaptado a las necesidades del desarrollo de esta aplicación.

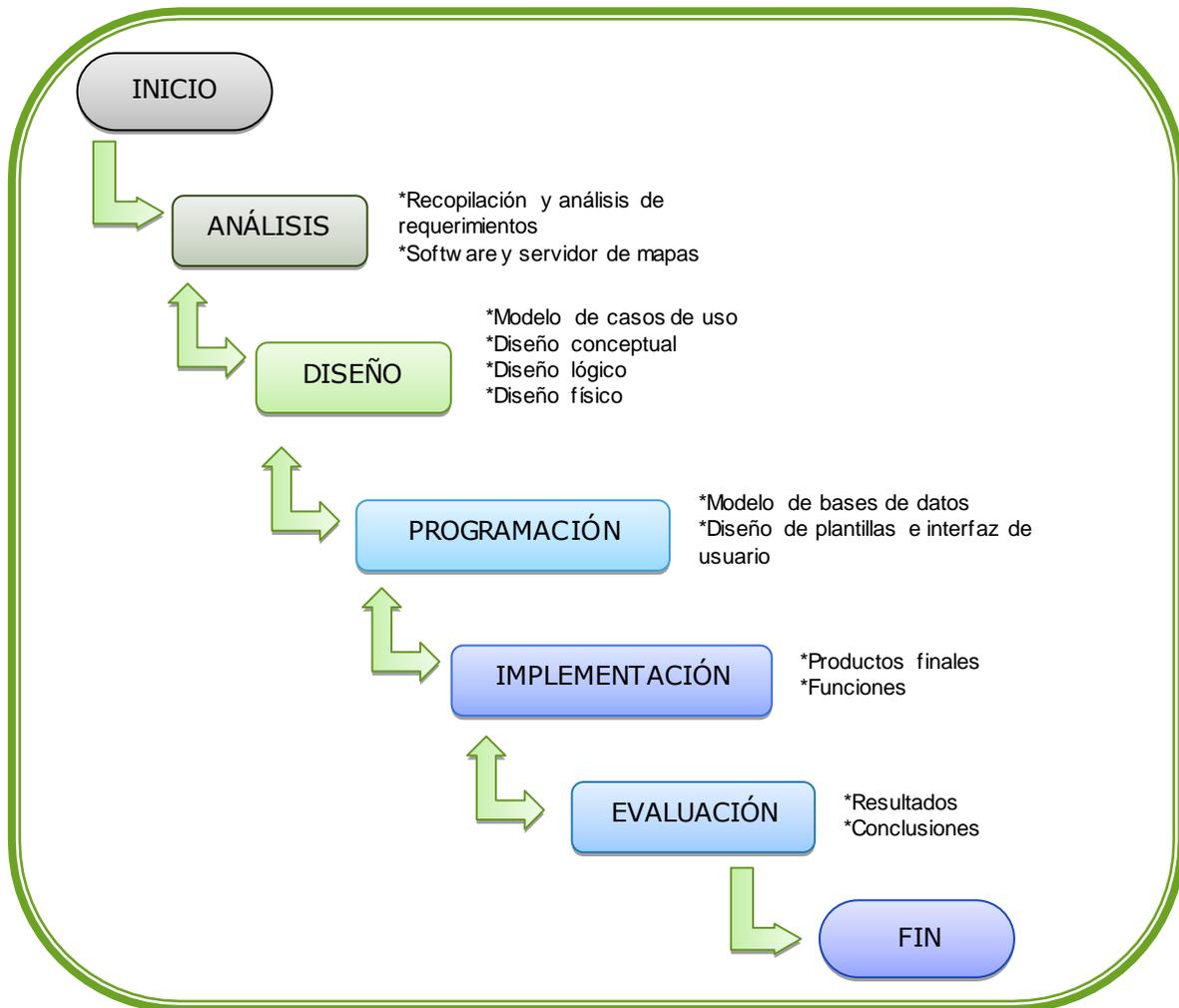


Figura 9. Metodología de desarrollo.

Fuente: Elaboración propia con base en información de desarrollo de software con modelos de cascada, (2013).

En seguida se describe de manera concreta el proceso de desarrollo expuesto en la **Figura 9** de la metodología que se utiliza, está conformada por 5 fases:

**1. Fase de análisis:** fase inicial y primordial dentro del método que se utiliza en el desarrollo de este proyecto, se recolectan los datos que tiene el Departamento de Desarrollo Forestal y definen los insumos que van desde los datos, archivos *shapefile* hasta el software y herramientas geotecnológicas y de diseño que se utilizan.

2. **Fase de Diseño:** Se realiza el diseño tanto de la aplicación como de la base de datos, tomando en cuenta la flexibilidad en el desarrollo de procesos para posibles modificaciones.
3. **Programación:** se establece el modelo final de la base de datos y el desarrollo de plantillas e interfaz de usuario.
4. **Implementación:** Se describen los productos finales de las etapas anteriores y realizan las pruebas pertinentes para evaluar las funciones.
5. **Evaluación:** Fase final donde se explican los procesos del sistema y se presenta la aplicación final.

### 3.1. ANÁLISIS

Se considera como la fase primordial durante el diseño y desarrollo de la aplicación, ya que es la fase en donde se analiza y evalúa el tipo de aplicación web que se necesita implementar, sobredimensionar el sistema o hacerlo al contrario (faltantes) puede perjudicar durante su ciclo de vida. Se reúnen las necesidades del proyecto y se definen todos los recursos a utilizar en la aplicación *Web Mapping*. En esta etapa se conocen, entienden y analiza el funcionamiento de los procesos de la aplicación asegurando la calidad y eficiencia de la aplicación, se definen los objetivos que debe cumplir, para organizar procesos en esquemas y modelos que guiaran el desarrollo de la misma.

Se determinan las principales necesidades según el funcionamiento y características tecnológicas del sistema, así mismo se analiza la información con que cuenta el departamento. Para la recopilación y determinación de requerimientos se realiza una búsqueda de toda la información resguardada y se establecen las necesidades correspondientes.

### 3.1.1. Recopilación y análisis de requerimientos

Se seleccionan a los usuarios potenciales (personal del departamento) y las necesidades de información. Respecto a los datos, se crea un sistema mixto habiendo dos tipologías de datos definidas (datos espaciales y datos alfanuméricos) en la **Tabla 2** se identifican los datos y el proceso de obtención.

**Tabla 2. Información susceptible de introducir en el sistema**

Dato	Tipo de datos	Descripción	Precedencia de los datos
Proyectos por año del programa ProÁrbol del 2008 – 2012.	Alfanuméricos	Datos descriptivos de los proyectos otorgados por el departamento en tablas de <i>excel</i> .	Proporcionada por el departamento de desarrollo forestal.
Predios	Datos vectoriales	Polígonos en archivos <i>.shp</i> de ESRI, delimitación de predios beneficiados.	Proporcionada por el departamento de desarrollo forestal.
Apoyos	Datos vectoriales	Polígonos, puntos y líneas en archivos <i>.shp</i> de ESRI, delimitación de áreas por concepto de apoyo.	Proporcionada por el departamento de desarrollo forestal.
Límites político – administrativos, áreas urbanas y localidades.	Datos WMS	Información WMS que de los límites estatales, municipales, áreas urbanas y localidades.	Conexión al servidor web de INEGI
Ortofotos	Datos WMS	Colección de ortofotos del país.	Conexión al servidor web de INEGI

Fuente: Elaboración propia (2014).

El objetivo primordial de este trabajo es la creación de un sistema (visualizador web) que contenga una base de datos centralizada, haciendo una depuración y estandarizando los formatos existentes a uno en común. Siendo así, a

continuación se mencionan los datos que fueron proporcionados para la creación de este sistema:

\* **Bases de datos en Microsoft Excel:** las bases de datos son proporcionadas por el departamento y contienen toda la información alfanumérica del sistema, relacionada con los proyectos ejecutados, las tablas albergan información del año de ejecución, predios beneficiados, solicitantes, etc. Para el desarrollo del sistema se elige **PostgreSQL** que trabaja de la mano con **PostGIS**, ideales para el resguardo de bases de datos espaciales.

\* **Datos vectoriales:** archivos organizados por carpetas según el año, que contienen los límites y superficies de los predios, el concepto de apoyo y verificaciones en campo, el formato de los datos vectoriales son de tipo *Shapefile* los cuales son creados por los responsables de la ejecución de cada proyecto y posteriormente administrados por el departamento.

Para el desarrollo de esta aplicación se toman en cuenta objetivos que permitan que el SIG pueda ser escalable. En lo que refiere a la determinación de requerimientos para la función y las propiedades que debe cumplir la aplicación web, se describen los siguientes puntos:

- ♦ Dentro de la aplicación *Web Mapping*, el sistema de información geográfica, así como la base de datos deben soportar el almacenamiento de datos geográficos.

- ♦ La aplicación *Web Mapping* proporciona interfaces gráficas que le permitan al usuario el despliegue e interacción con los datos espaciales, alfanuméricos.

- ♦ Fungir como un sistema central de base de datos geográfica, que permite el acceso a usuarios que requieran consultar esta información a través de la red, tomando en cuenta que la ubicación de estos usuarios está dispersos geográficamente.

- ♦ Permite la actualización e integración de componentes procedentes del desarrollo de los proyectos.

- ♦ La aplicación *Web Mapping* permite generar relaciones de información para proporcionar resultados estadísticos y espaciales de la cartografía expuesta.

### 3.1.2. Software y servidores de mapas

Un servidor de mapas en la web puede hacer tres cosas:

1. Producir un mapa, ya sea como imagen o ilustración, como una serie de elementos gráficos o como un conjunto de datos con características geográficas.
2. Responder a preguntas básicas sobre el contenido del mapa, y
3. Decirle a otros programas que producir y cuáles de los pueden ser cuestionados adicionalmente (Rivero, 2004).

#### 3.1.2.1. Servidor de mapas

**MapServer** es un entorno de desarrollo *Open Source*, sirviendo para la construcción de esta aplicación de Internet con capacidades espaciales. Sus principales características son:

- Multiplataforma
- Velocidad de acceso a los datos
- Multitud de formatos raster y vector soportados
- La implementación de sistemas SIG, hoy día en producción que usan esta tecnología avalan su validez (ANDULACIÓN, 2014).

**Framework P.mapper 4.3.2** Cliente ligero (denominado así por su acceso a servicios OGC utilizando un *browser* o navegador, por lo que es posible el acceso a servicio geomáticos desde cualquier ubicación con conexión a internet), está desarrollado con *Mapscript\_php* y *Mapserver* sus características principales son:

- ❖ *DHTML (DOM) Interface zoom/pan.*
- ❖ Navegadores soportados: *Mozilla/Firefox 2.+7Netscape 7+ie 5/7, Opera 6+.*
- ❖ *Zoom/Pan also via keyboard keys, mouse wheel, reference map and slider.*
- ❖ Funciones de consulta (Identificar, Seleccionar y Buscar).
- ❖ Visualización de resultados de consultas con enlaces de bases de datos e hipervínculos.
- ❖ Configuración de visualización de consultas vía *JavaScript.*
- ❖ Funciones de impresión: *HTML y PDF.*
- ❖ Funciones de medida de distancias y áreas.
- ❖ Leyenda en *HTML*, estilos de visualización de capas y leyendas.
- ❖ Descarga de imágenes de mapas visualizados en distintas resoluciones y formatos.
- ❖ Inicio de la aplicación con extensión de *zoom* predefinida por extensión o capa.<sup>17</sup>

**PostgreSQL 8.4** para almacenamiento y administración de información se utiliza *PostgreSQL*, manejador de bases de datos, usa un lenguaje de consulta *SQL* y cuenta con un módulo espacial que soporta objetos geográficos a la base de datos relacional, para su uso en Sistemas de Información Geográfica distribuidos o *Web Mapping*. Como se menciona anteriormente es un software libre, con un código fuente optimizado, el permite que sea modificado según las necesidades del usuario.

**PostGIS** módulo que sirve para añadir el soporte de objetos geográficos a la base de datos Objeto – Relacional, *PostgreSQL* recomendado en la utilización principalmente de Sistemas de Información Geográfica.

#### **Editores cartográficos y gráficos:**

 **Quantum GIS y ArcGIS:** se realizan ediciones cartográficas y estandarización de información.

 **Notepad y Macromedia Dreamweaver:** se utiliza para ediciones gráficas,

---

<sup>17</sup> Fuente: Geog. Diego j. Padrón, Desarrollo de servidores de mapas con Software Libre.

el desarrollo y edición de plantillas *PHP, HTML*.

**Tabla 3. Aplicaciones seleccionadas para la implementación de la aplicación**

<b>CLASIFICACION</b>	<b>NOMBRE DE LA APLICACION</b>
Servidores de mapas	<i>MapServer</i>
Base de datos geográficas	<i>PostgreSQL y PostGIS</i>
<i>Framework</i>	<i>P.mapper</i>
Editores cartográficos	<i>Quantum GIS y Arc GIS</i>
Diseño y edición	<i>Notepad y Macromedia Dreamweaver</i>

*Fuente: Elaboración propia (2014).*

# Capítulo 4

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

*Este capítulo tiene el objetivo principal de mostrar el diseño de la aplicación Web Mapping*

## CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

La implementación del modelo expuesto para la realización de este proyecto se realiza utilizando las siguientes herramientas:

### 4.1. DISEÑO

En esta fase se representan el modelo *UML* y el diseño conceptual, lógico y físico para organizar y representar los datos y componentes de la aplicación *Web Mapping*, tomando en cuenta los recursos existentes. Diseño y construcción de la base de datos espacial, formularios e interfaces de usuario (entrada y salida), arquitectura del sistema, especificación de módulos, interrelaciones y detalles de los procedimientos.

#### 4.1.1. Componentes y flujo de procesos

En el siguiente diagrama se exhiben los componentes según el flujo de procesos para la implementación de esta aplicación *Web Mapping*. Se describen la integración de información vectorial, de los predios y apoyos que conforman el periodo 2008 – 2012 que otorga el departamento de Desarrollo Forestal. Las conexiones *MWS* al servidor de *INEGI* para visualizar datos de ortofotos, límites estatales, municipales, ubicación de localidades y áreas urbanas. Los datos proporcionados por el jefe de departamento que forman parte de cada apoyo, esta información esta almacenada dentro de un manejador de bases de datos y extensión espacial seleccionados y mencionados en el capítulo 4 *PostgreSQL* y *PostGIS*. Seguido del proceso para cargar los datos al servidor de mapas en *MapServer* con ayuda del *Framework P.mapper* para su publicación y uso. Como se expone en la **Figura 10**.

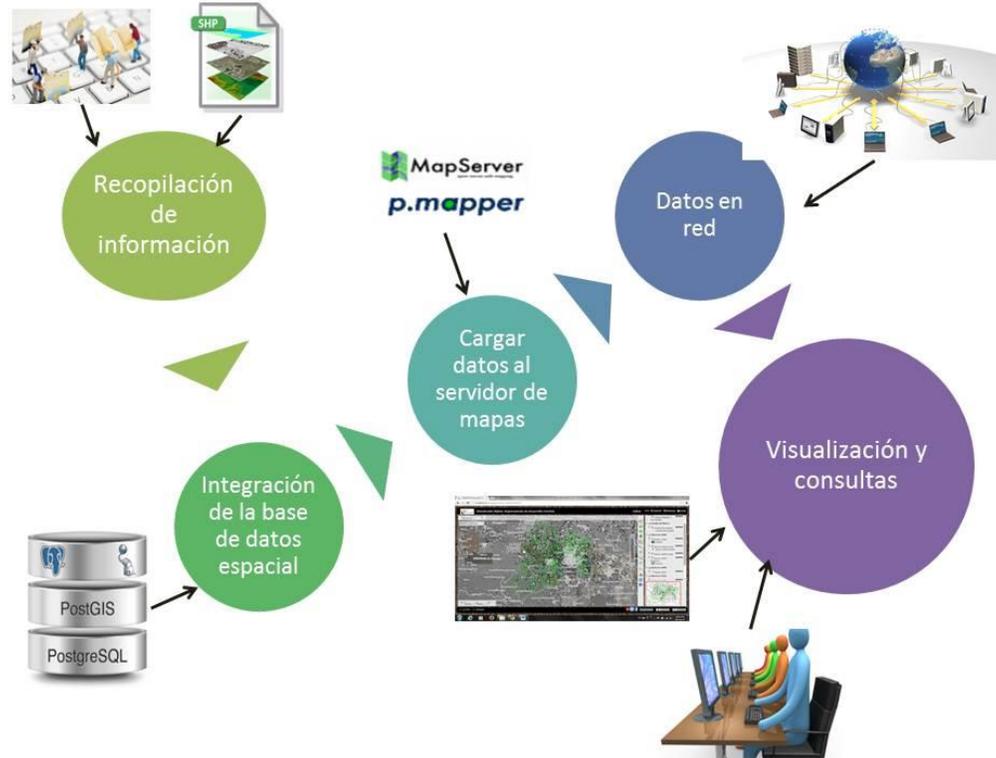


Figura 10. Diagrama de procesos.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

#### 4.1.2. Lenguaje de Modelado Unificado (UML)

Los casos de uso sirven para representar la manera dinámica de operación Usuario (actor) – Aplicación Web – Administrador y el orden y secuencia de las operaciones. El UML se realiza con base en lo propuesto por Alfredo Weitzenfeld, mediante diagramas de casos de uso.

Se modela una aplicación *Web Mapping* que permita gestionar información cartográfica y alfanumérica del departamento de desarrollo forestal, los usuarios (personal del departamento de desarrollo forestal) podrán realizar consultas, visualizar mapas y editar la base de datos.

#### 4.1.2.1. Casos de uso

En la **tabla 4** se describen concretamente los casos de uso que realiza el sistema.

**Tabla 4. Casos de uso**

Caso de uso	Descripción
<b>Despliegue de información espacial</b>	Este caso está encargado de establecer los enlaces a los datos geográficos y despliegue de información geográfica organizadas por capas.
<b>Activar/Desactivar capas</b>	La función de esta operación es de activar o desactivar capas de información según sea conveniente para el usuario.
<b>Funciones: Acercar, Alejar, Mover y Extender capa</b>	Operaciones de navegación básicas, acercamiento, alejamiento, desplazamiento y extensión para visualizar las capas.
<b>Identificar objetos</b>	Esta operación recupera los atributos guardados en la base de datos del objeto espacial dentro de una capa.
<b>Mantenimiento</b>	Esta operación va a estar asignada al administrador para actualizar y mantener la plataforma web y la base de datos.

*Fuente: Elaboración propia (2014).*

#### 4.1.2.2. Actores

 **Usuario:** Visualiza, consulta y edita datos.

 **Administrador:** verifica el funcionamiento adecuado de la aplicación web y mantiene la información actualizada.

En la **Figura 11** se muestra la interacción de los actores con la aplicación:

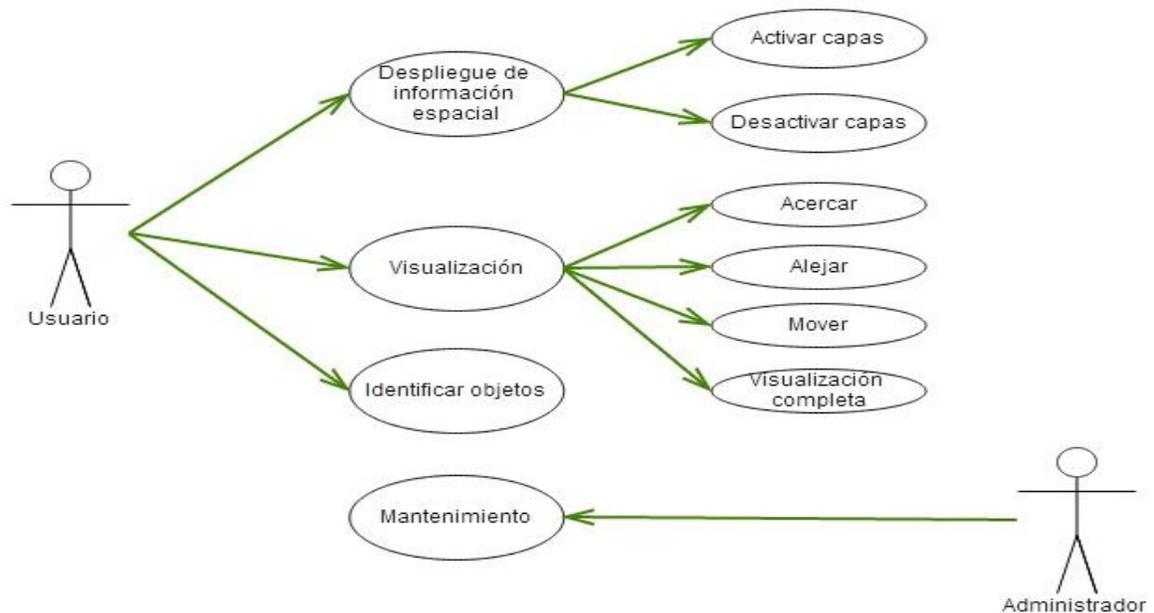


**Figura 11. Actores**

Fuente: *Elaboración propia, (2014).*

#### 4.1.2.3. Diagrama de casos de uso

En la siguiente **Figura 12** se muestra el diagrama de interacción de los actores con la aplicación *Web Mapping* y los procesos que cada actor realiza sobre el sistema:



**Figura 12. Diagrama de casos de uso.**

Fuente: *Elaboración propia, (2014).*

Para comprender y describir los procesos que cada actor realiza sobre el sistema se han elaborado una tabla por caso de uso según lo expuesto en la **Figura 12**, describiendo el tipo de actor, el propósito, un pequeño resumen de las actividades que realiza, el flujo principal, subflujos y excepciones. En las siguientes tablas se expone cada caso de uso.

**Tabla 5. Caso de uso Despliegue de información espacial**

Caso de uso	Despliegue de información espacial
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	El actor Usuario puede visualizar las capas de información de las cuales requiera información.
<b>Resumen</b>	Este caso de uso se inicia por el Usuario, con la funcionalidad de ver la información cartográfica existente.
<b>Precondiciones</b>	Ninguna
<b>Flujo principal</b>	Entrar a pantalla de inicio, entrar al visualizador de mapas
<b>Subflujos</b>	Pantalla de visualización.
<b>Excepciones</b>	Ninguna

*Fuente: Elaboración propia (2014).*

**Tabla 6. Caso de uso Activar capas**

Caso de uso	Activar capas
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	El actor Usuario puede activar las capas que desee visualizar
<b>Resumen</b>	Este caso de uso se inicia por el Usuario, con la funcionalidad de activar las capas de información que crea pertinente utilizar
<b>Precondiciones</b>	Ninguna

<b>Flujo principal</b>	Entrar a pantalla de inicio, entrar al visualizador y seleccionar capas.
<b>Subflujos</b>	Plantilla visualización
<b>Excepciones</b>	Ninguna

Fuente: Elaboración propia (2014).

**Tabla 7. Caso de uso Desactivar capas**

<b>Caso de uso</b>	<b>Desactivar capas</b>
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	El actor Usuario puede desactivar las capas que crea necesarias para mejor análisis de información
<b>Resumen</b>	Este caso de uso se inicia por el Usuario, con la funcionalidad de desactivar las capas de información que crea conveniente no utilizar
<b>Precondiciones</b>	Ninguna
<b>Flujo principal</b>	Entrar a pantalla de inicio, entrar al visualizador y quitar capas.
<b>Subflujos</b>	Plantilla visualización
<b>Excepciones</b>	Ninguna

Fuente: Elaboración propia (2014).

**Tabla 8. Caso de uso Visualización**

<b>Caso de uso</b>	<b>Visualización</b>
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	El actor Usuario observara en pantalla los mapas cargados al servidor

<b>Resumen</b>	Este caso de uso se inicia por el Usuario, con la funcionalidad de visualizar información.
<b>Precondiciones</b>	Ninguna
<b>Flujo principal</b>	Entrar a pantalla de inicio, entrar al visualizador
<b>Subflujos</b>	Plantilla de visualización
<b>Excepciones</b>	Ninguna

Fuente: Elaboración propia (2014).

**Tabla 9. Acercar**

<b>Caso de uso</b>	<b>Acercar</b>
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	El actor Usuario puede acercar (zoom) con la herramienta en el visualizador a la escala que desee.
<b>Resumen</b>	Este caso de uso se inicia por el Usuario, con la funcionalidad de acercar a la escala que guste los objetos en el mapa.
<b>Precondiciones</b>	Ninguna
<b>Flujo principal</b>	Entrar a pantalla de inicio, entrar al visualizador
<b>Subflujos</b>	Plantilla visualizador
<b>Excepciones</b>	Ninguna

Fuente: Elaboración propia (2014).

**Tabla 10. Caso de uso Alejar**

<b>Caso de uso</b>	<b>Alejar</b>
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	El actor Usuario puede alejar (zoom) con la herramienta en

<b>Resumen</b>	el visualizador a la escala que desee. Este caso de uso se inicia por el Usuario, con la funcionalidad de alejar a la escala que guste, los objetos en el mapa.
<b>Precondiciones</b>	Ninguna
<b>Flujo principal</b>	Entrar a pantalla de inicio, entrar al visualizador
<b>Subflujos</b>	Plantilla visualizador
<b>Excepciones</b>	Ninguna

*Fuente: Elaboración propia (2014).*

**Tabla 11. Caso de uso Mover**

<b>Caso de uso</b>	<b>Mover</b>
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	El actor Usuario puede mover con la herramienta en el visualizador
<b>Resumen</b>	Este caso de uso se inicia por el Usuario, con la funcionalidad de desplazarse por la pantalla de visualización que alberga las capas de información
<b>Precondiciones</b>	Ninguna
<b>Flujo principal</b>	Entrar a pantalla de inicio, entrar al visualizador
<b>Subflujos</b>	Plantilla visualizador
<b>Excepciones</b>	Ninguna

*Fuente: Elaboración propia (2014).*

**Tabla 12. Caso de uso Visualización Completa**

<b>Caso de uso</b>	<b>Visualización completa</b>
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Tipo</b>	Básico

<b>Propósito</b>	El actor Usuario puede visualizar nuevamente en pantalla el área completa
<b>Resumen</b>	Este caso de uso se inicia por el Usuario, con la funcionalidad de visualizar el área completa
<b>Precondiciones</b>	Ninguna
<b>Flujo principal</b>	Entrar a pantalla de inicio, entrar al visualizador
<b>Subflujos</b>	Plantilla visualizador
<b>Excepciones</b>	Ninguna

Fuente: Elaboración propia (2014).

**Tabla 13. Casos de uso Identificar objetos**

<b>Caso de uso</b>	<b>Identificar objetos</b>
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	El actor Usuario con la herramienta identificar puede observar los atributos de las capas de información
<b>Resumen</b>	Este caso de uso se inicia por el Usuario, con la funcionalidad de ver los atributos de cada objeto
<b>Precondiciones</b>	Ninguna
<b>Flujo principal</b>	Entrar a pantalla de inicio
<b>Subflujos</b>	Plantilla visualizador
<b>Excepciones</b>	Ninguna

Fuente: Elaboración propia (2014).

**Tabla 14. Caso de uso Mantenimiento**

<b>Caso de uso</b>	<b>Mantenimiento</b>
<b>Actores</b>	Administrador
<b>Tipo</b>	Básico

<b>Propósito</b>	El actor Administrador puede ingresar al sistema y darle mantenimiento y actualización a la aplicación web.
<b>Resumen</b>	Se dará mantenimiento a la aplicación web en lo que respecta a fuente de datos y servidor cartográfico.
<b>Precondiciones</b>	Ninguna
<b>Flujo principal</b>	Entrar a pantalla de inicio, entrar al servidor de datos y mapas.
<b>Subflujos</b>	El Administrador dará mantenimiento a la fuente de datos.
<b>Excepciones</b>	Ninguna

Fuente: Elaboración propia (2014).

#### 4.1.2.4. Secuencias

Los diagramas de secuencia describen cada uno de los procesos y funcionalidad de los casos de uso antes expuestos y son:

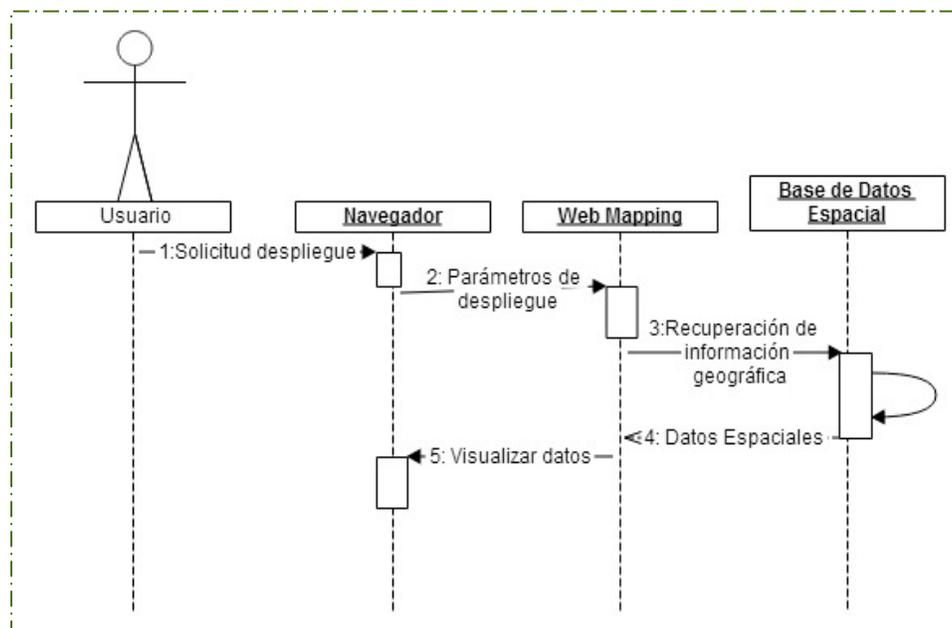


Figura 13. Despliegue de información y capas.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Este proceso tiene la función de activar y desactivar las capas de datos para que puedan ser manipuladas, tiene relación directamente con la base de datos.

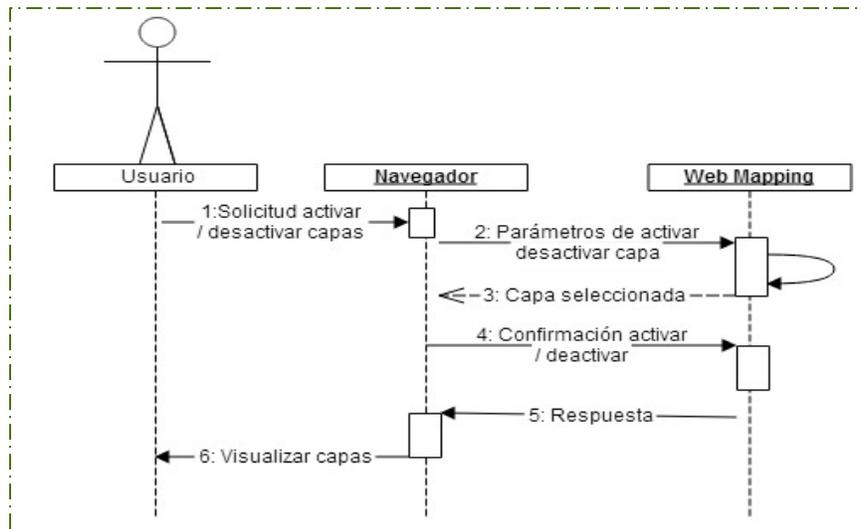


Figura 14. Secuencia Activar / Desactivar capas.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

### Secuencia Acercar / Alejar

Esta secuencia muestra el proceso que realiza el proceso acercar y alejar los objetos dentro del área de visualización.

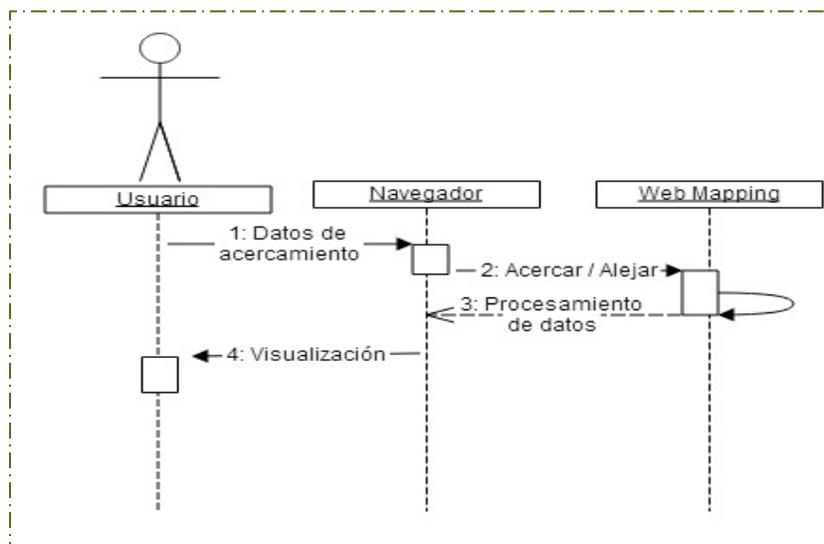


Figura 15. Secuencia Acercar / Alejar.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Esta secuencia está encargada de mostrar el proceso para mostrar el espacio total de la imagen geográfica.

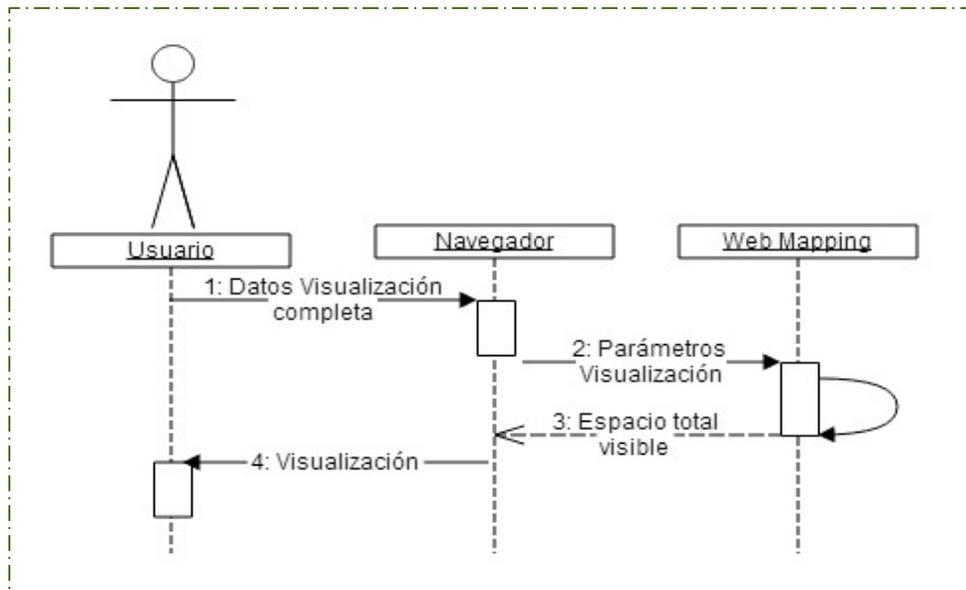


Figura 16. Secuencia Visualización completa.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

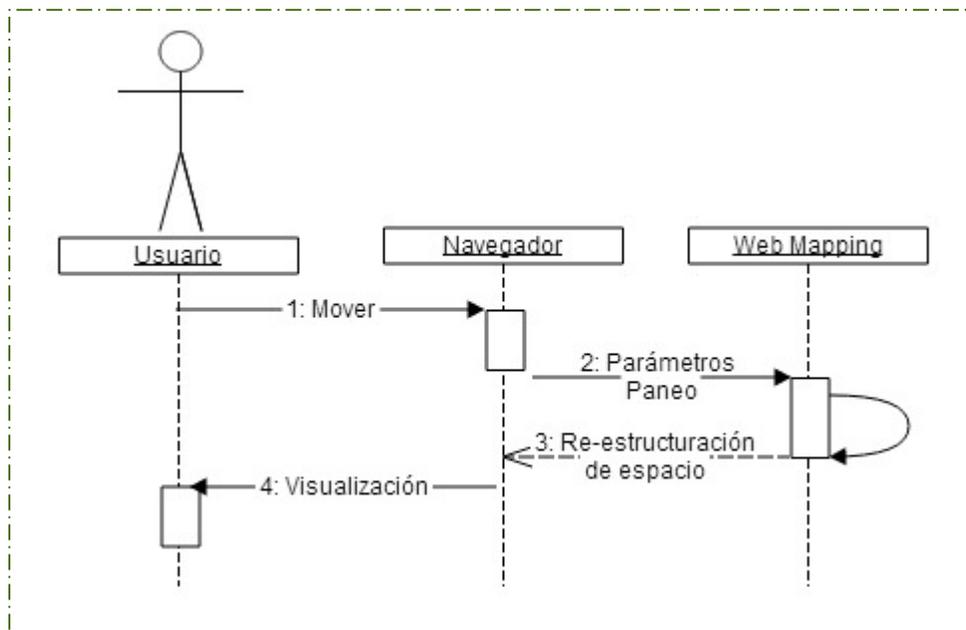


Figura 17. Secuencia Mover.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

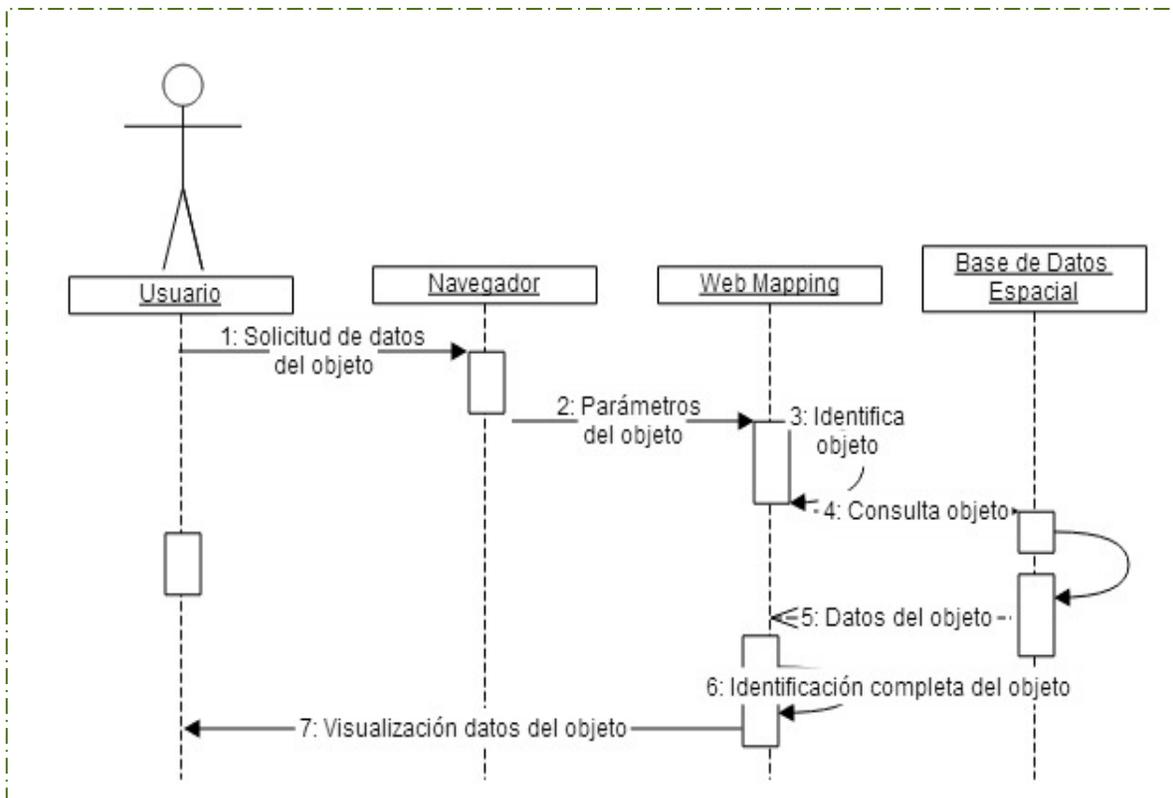


Figura 18. Secuencia Identificar objetos.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

### 4.1.3. Diseño Conceptual

Modelo conceptual de la base de datos espacial, se caracterizan los elementos del mundo real cuando se almacenan en la base de datos. A continuación se representan mediante diagramas Entidad – Relación (**Ver Figura 19 y 20**).

Mediante este diseño se representa que el sistema es capaz de mostrar resultados sobre predios y apoyos anuales en el Estado de México, otorgados por la CONAFOR en el Departamento de Desarrollo Forestal, mediante los datos recopilados y almacenados por dicho departamento, el cual nos ayuda a crear un escenario espacial de los recursos brindados a lo largo de estos años.

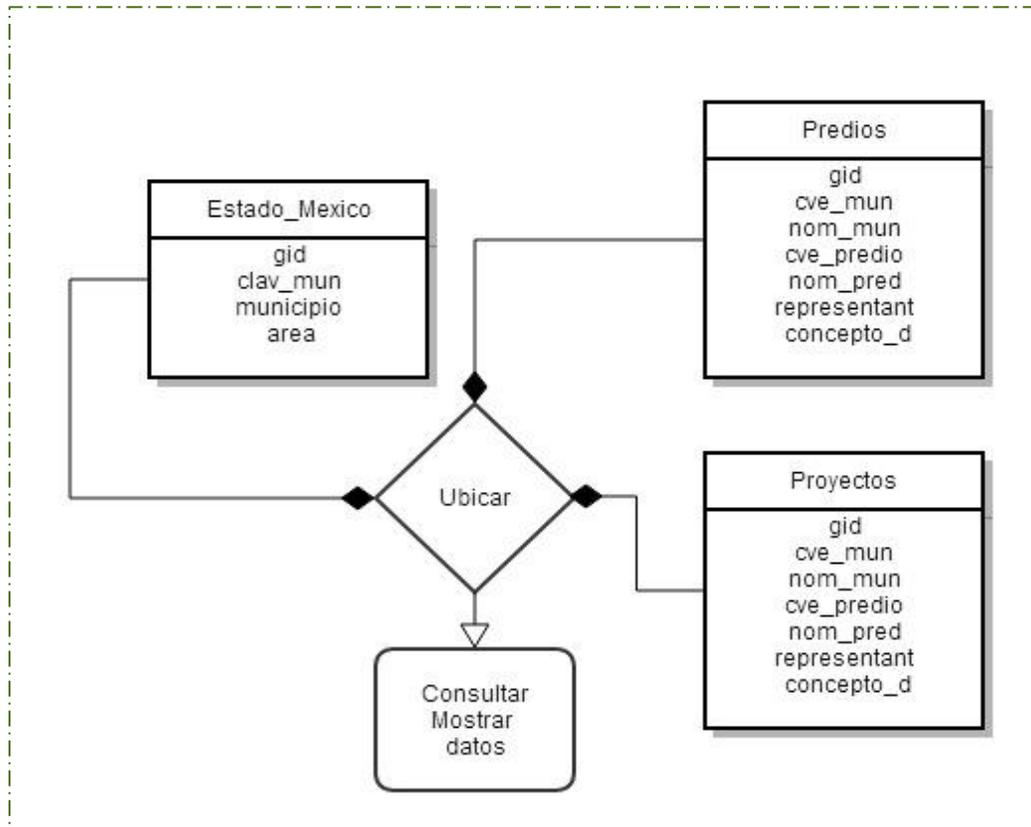


Figura 19. Modelo Entidad-Relación del servidor de mapas.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

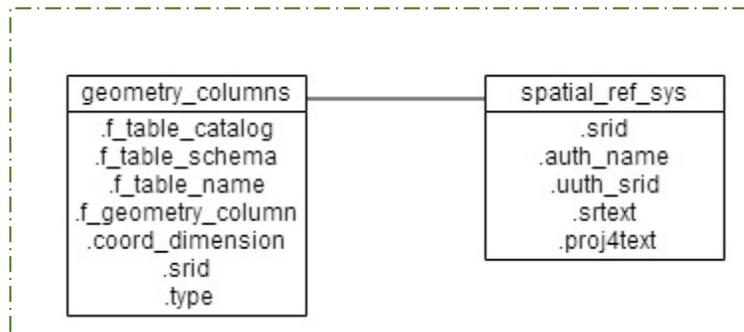


Figura 20. Tablas relacionadas con referencia de objetos geográficos.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

#### 4.1.3.1. Diseño de la arquitectura Web Mapping

El diseño de la arquitectura *Web Mapping* se enfoca en el modelo cliente – servidor en tres niveles, su característica principal se define por ser un modelo de aplicación distribuida que separa las funciones en capas de procesamiento y se encuentran comunicadas y coordinadas mediante la red que permite el intercambio de mensajes entre los mismos (Luján, 2002):

- El solicitante (**Ciente**) de los recursos, es el o los equipos que envían la petición de información por medio de interfaz de usuario pidiendo respuesta al servidor, es un cliente ligero que solo tendrá acceso a interfaces básicas del SIG, y de bases de datos a través del navegador web.

- El gestor de los recursos solicitados es un software intermedio llamado **Middleware**, que atiende las peticiones de los usuarios potenciales enviando los requerimientos al servidor (servidores de mapas y bases de datos) y regresando la respuesta al cliente.

- Y por último el **Servidor**, el cual es el responsable de gestionar y almacenar los datos alfanuméricos y geográficos que el cliente pida.

- ✓ **El cliente:** es el equipo que solicita los recursos, mediante la interfaz de usuario, asumiendo que cada petición tendrá respuesta alguna.

- ✓ **El middleware:** tiene la tarea de proporcionar los recursos solicitados por el cliente.

- ✓ **El servidor:** es el responsable de almacenar y gestionar información en la base de datos permanente, la cual alberga los datos alfanuméricos y geográficos que el cliente va a solicitar.

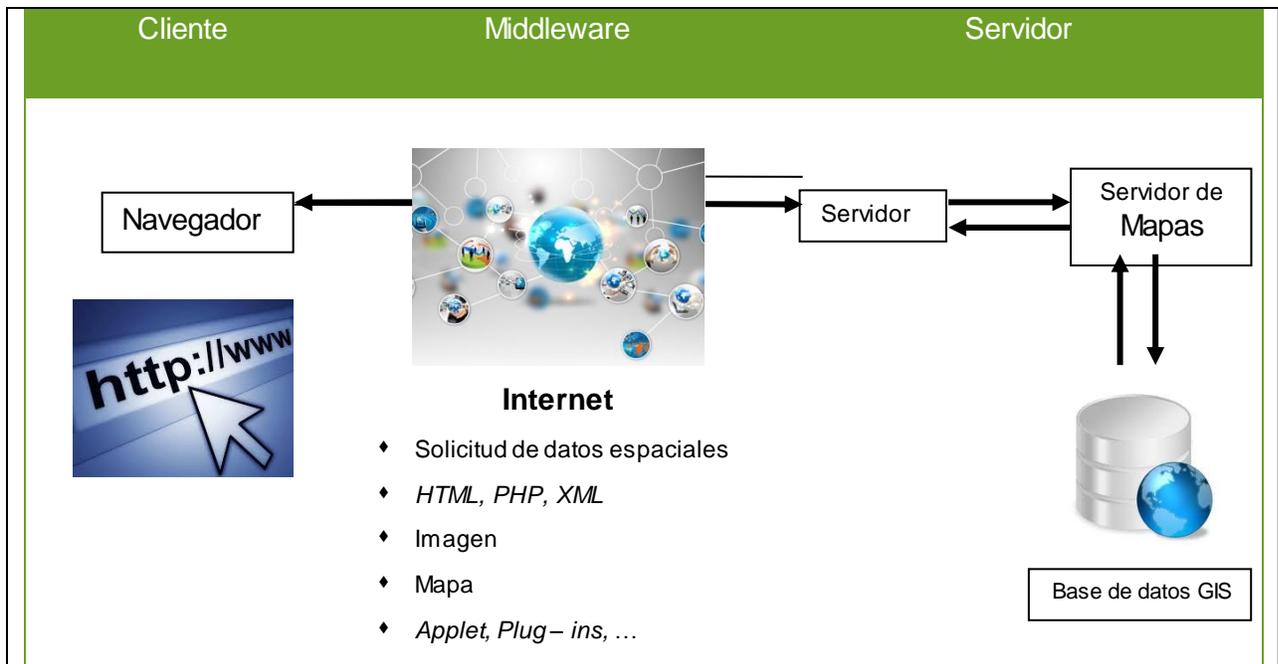


Figura 21. Esquema de trabajo de Web Mapping.

Fuente: Elaboración propia con base en tesis "Diseño e implementación de un WebMap Server Caso: Ciudad Universitaria de Caracas", 2004).

La configuración *Open Source* que se utiliza en este proyecto es con ayuda de las siguientes herramientas Servidor Apache HTTP 20.2.22 (with OpenSSL 0.9.8t), PHP 4.4.3, MapServer versión 3.0.6, Framework P.mapper 4.3.2 los archivos *shape* son almacenados en una base de datos alojada en el servidor PostgreSQL empleando la extensión PostGIS para ser visualizados en el Framework P.mapper de MapServer, como se muestra en la (Figura 22). Se utilizan los navegadores Internet Explorer, Mozilla Firefox y Google Chrome para realizar pruebas y comparaciones de elementos gráficos visualizados.

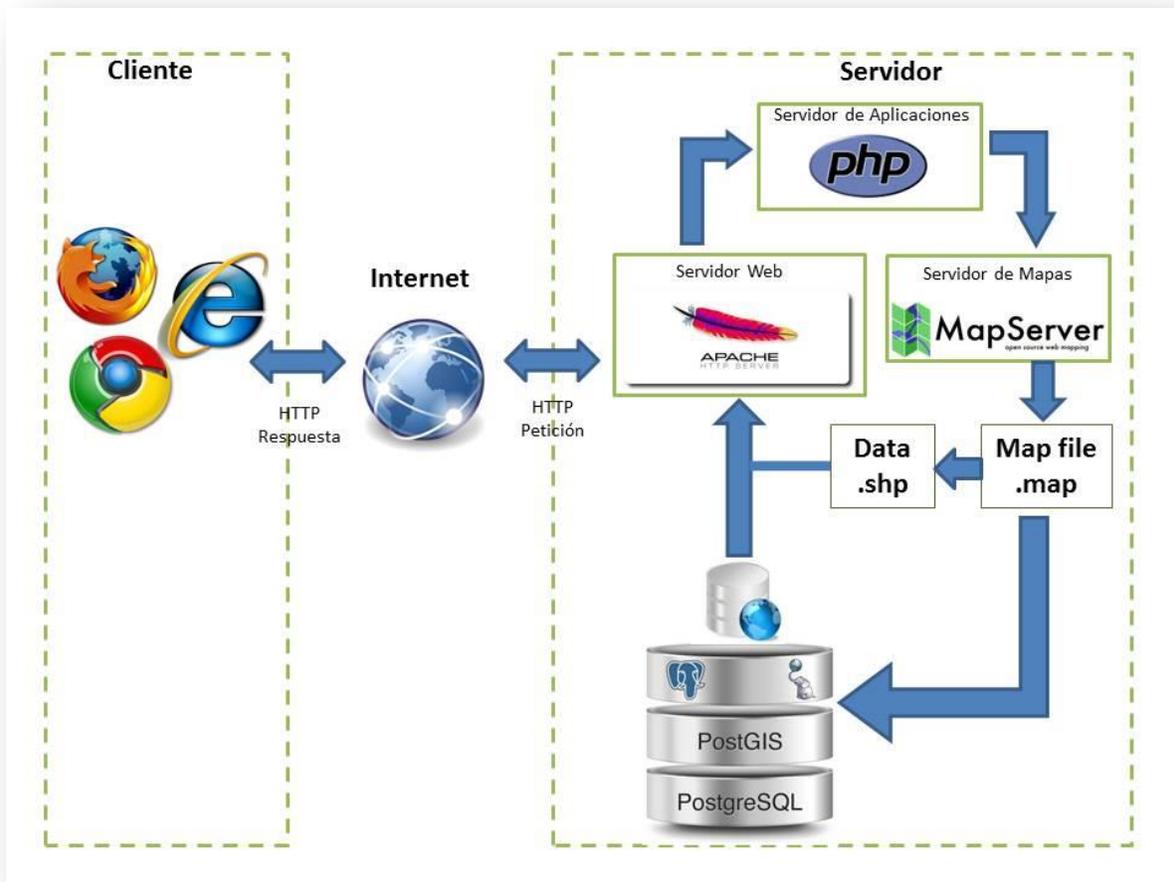


Figura 22. Configuración Open Source Web GIS.

Fuente: Elaboración propia con base en información de cliente – servidor y servidores de mapas, (2006).

#### 4.1.4. Diseño Lógico

Ya seleccionados los requerimientos y necesidades del sistema, se realiza una construcción del esquema de la base de datos (representa el sistema en sí a partir del esquema conceptual). En esta fase se normalizan las entidades y su relación desde la creación de tablas, depuración y eliminación de redundancias. Se estandarizan y normalizan los datos determinando las variables y campos que se utilizan para el repositorio de datos y edición de la base y se obtienen las tablas normalizadas como se observa a continuación:

**Tabla 15. Tabla del mapa “Estado\_Mexico”**

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>
<b>gid</b>	Almacena el id de cada registro	Int(5)
<b>clav_mun</b>	Almacena la clave del municipio	Int(10)
<b>municipio</b>	Almacena el nombre del municipio	Varchar(30)
<b>area</b>	Almacena el área de cada polígono	Int(15)

*Fuente: Elaboración propia (2004).*

**Tabla 16. Tabla de mapa Predios**

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>
<b>gid</b>	Almacena el id de cada registro	Int(5)
<b>cve_mun</b>	Almacena la clave del municipio	Int(10)
<b>nom_mun</b>	Almacena el nombre del municipio	Varchar(30)
<b>nom_pred</b>	Almacena el nombre de cada predio	Varchar(100)
<b>area</b>	Almacena el área de cada polígono	Int(15)

*Fuente: Elaboración propia (2004).*

**Tabla 17. Tabla de los mapas de ejercicios por año**

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>
<b>folio</b>	Almacena el folio de apoyo	Varchar(15)
<b>cve_mun</b>	Almacena la clave del municipio	Int(10)

<b>cve_pred</b>	Almacena la clave del predio	Int(20)
<b>nom_pred</b>	Almacena el nombre de cada predio	Varchar(100)
<b>representant</b>	Almacena el nombre del representante legal del predio	Varchar(50)
<b>concepto_d</b>	Almacena el concepto de apoyo con el cual fue beneficiado	Longtext

Fuente: Elaboración propia (2004).

#### 4.1.5. Diseño Físico

Para la construcción física de datos mencionados en el modelo físico se utiliza *MapServer* (servidor cartográfico), el *Framework P.mapper* como cliente ligero quien tiene la tarea de comunicarse con *MapServer* mediante la interfaz *web* y a su vez con *PostgreSQL* donde se almacenan los datos, se utiliza *QuantumGIS* y *ArcGIS* para el tratamiento de información cartográfica.

El sistema de información geográfica web (*WMS*, o *Web Mapping Server*) se basa en una máquina que funge como servidor con una serie de programas para servir las peticiones de los clientes que quieran acceder a la información y dar respuesta a estas peticiones.

##### 4.1.5.1. Obtención de mapas

Cabe resaltar que el material cartográfico que se utiliza en este proyecto es proporcionado por el Departamento de Desarrollo Forestal de la CONAFOR Estado de México. Se tiene una conexión *WMS* con el servidor de mapas de INEGI, el cual permite visualizar la división política del país a nivel municipal, punteando las localidades, realizado en la plataforma de software libre *QG/S*.

Por medio de la extensión espacial *PostGIS* se carga el dato espacial en la base de datos para que sea visualizado en pantalla, las tablas están organizadas por predios, proyectos especiales y año de ejecución de proyectos. Los archivos *Shapefile* se normalizan en una proyección WGS 84 UTM Zona 14N.

Tabla 18. Tabla de características de proyección de mapas

CARACTERÍSTICAS DE LA PROYECCIÓN	
DATUM	WGS84
ZONA UTM	14
PROYECCIÓN	UTM
ESFEROIDE	WGS84
MERIDIANO CENTRAL	-99
LATITUD DE REFERENCIA	0
FACTOR DE ESCALA	0.9996
FALSO ESTE	500000
FALSO NORTE	0

Fuente: Elaboración propia, (2014).

#### 4.1.6. Creación de la base de datos espacial

Se crea la base de datos en *pgAdmin III* que es la aplicación gráfica para la gestión de bases de datos de *PostgreSQL*, especificando el nombre de la base de datos, el *Encondig* que en este caso se utiliza es **UTF-8**, el *template* es *template\_postgis* para almacenar los objetos espaciales, como se observa en la **Figura 23**.

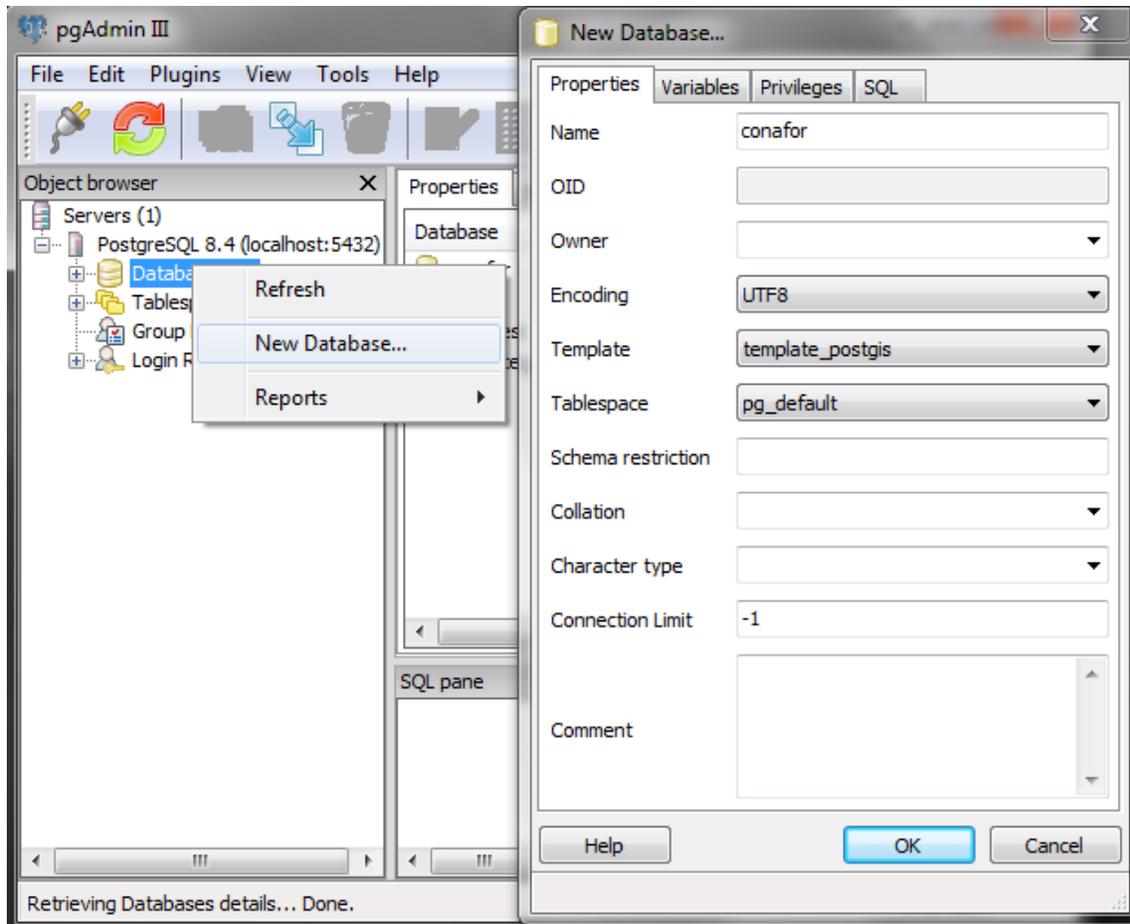


Figura 23. Creación de la base de datos espacial en pgAdmin III de PostgreSQL

Ejecutamos la extensión **PostGIS** se carga el *shapefile* estandarizado y anotan los parámetros para generar la conexión a la base de datos en **PostgreSQL**, se anota el SRID según la proyección que en este caso es 32614 para la proyección WGS84 Zona 14 Norte, y nombre de la tabla que se guardará en la base de datos. (Ver Figura 24)

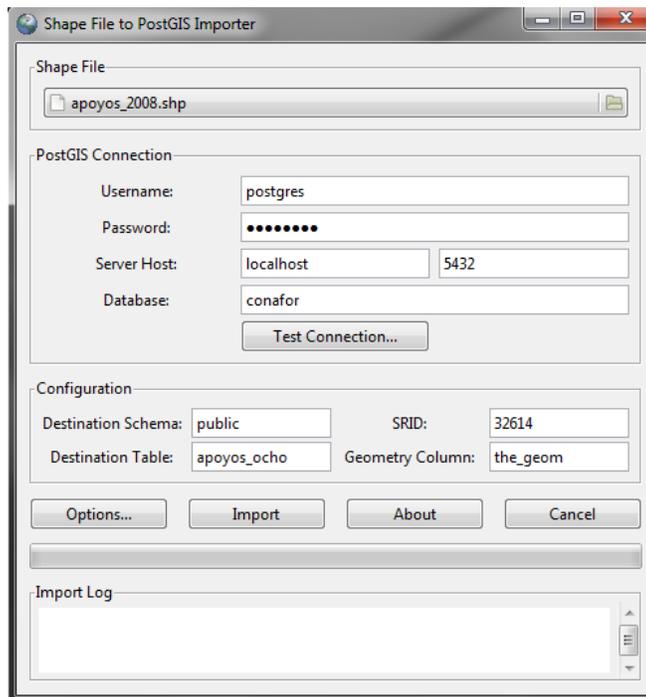


Figura 24. Importar shapefile con *PostGIS*

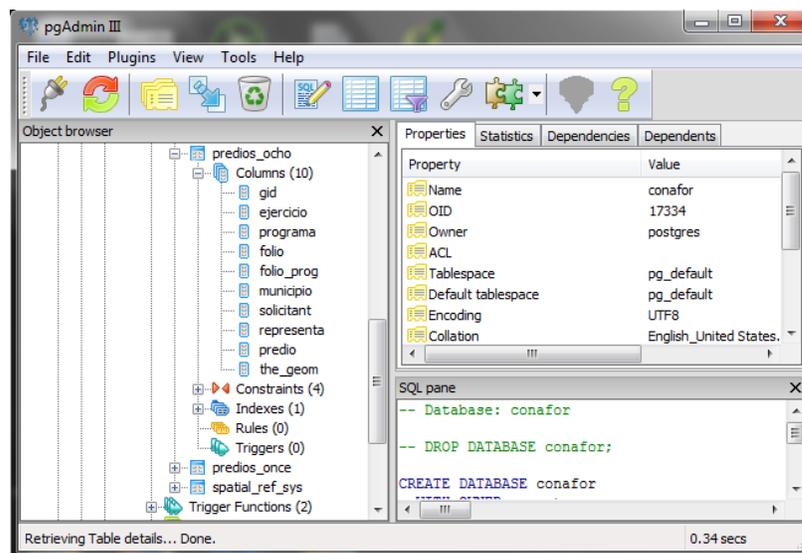


Figura 25. Verificación de capas

En la **figura 25** se verifica que efectivamente este almacenada la tabla en la base de datos con las columnas especificadas en el *shapefile*.

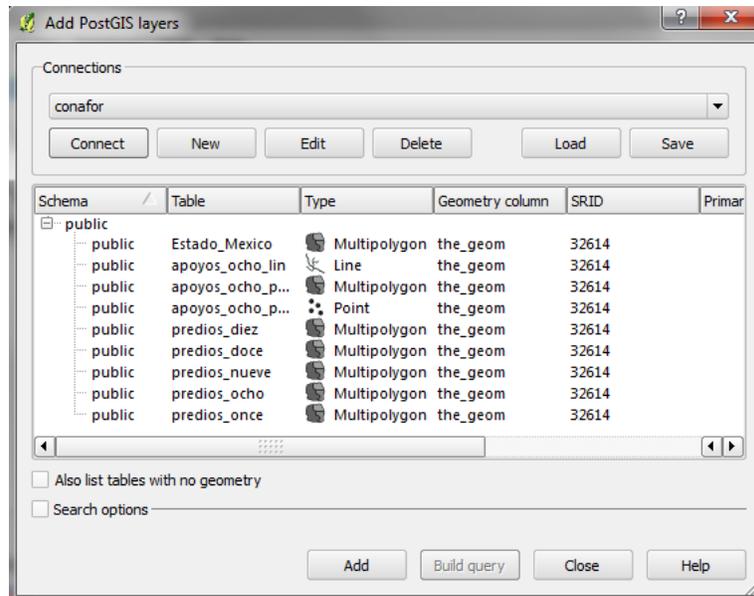


Figura 26. Conexión a la base de datos en *QuantumGIS*

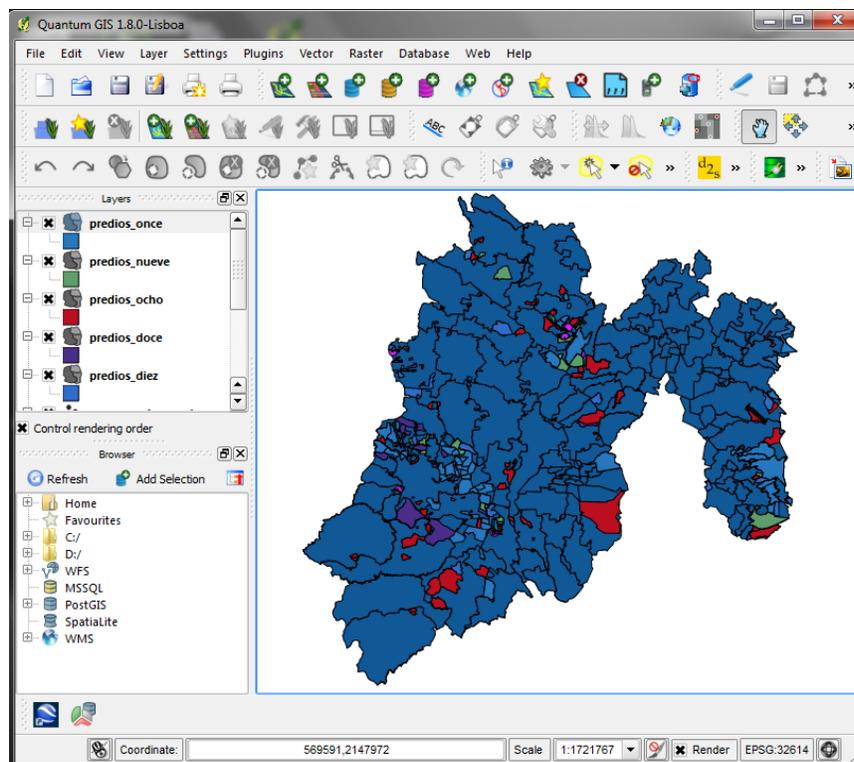
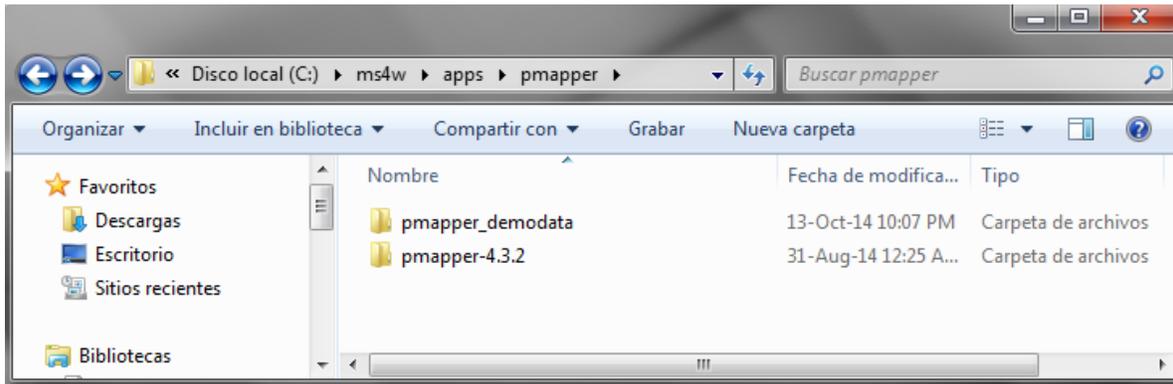


Figura 27. Capas almacenadas en *PostgreSQL*

Para verificar que los objetos espaciales estén cargados correctamente se realiza una conexión a la base de datos en *Quantum GIS* como se observa en las Figuras 26 y 27.

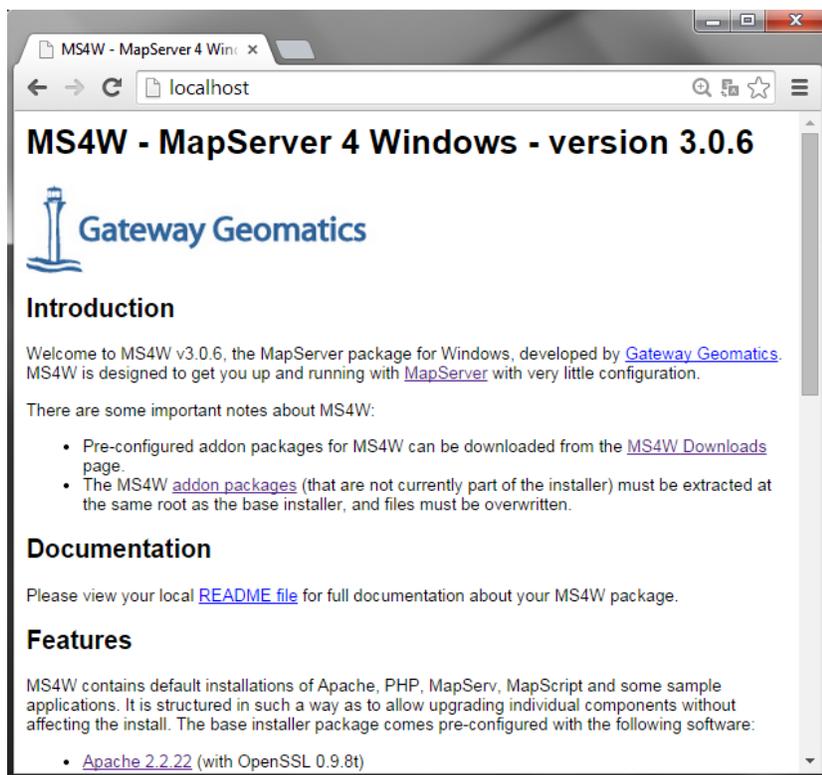
### 4.1.7. MapServer

Se instala el servidor de mapas como servidor local (*localhost*), directamente en el disco duro como se ve en la **Figura 28**.



**Figura 28.** Directorio de almacenamiento de archivos *MapServer* y *P.mapper*

Para verificar que el servidor de mapas este correctamente instalado se digita en el buscador la siguiente dirección *localhost/* como se en la **Figura 29**.



**Figura 29.** Instalación correcta del servidor de mapas

```

220 LAYER
221   NAME 'predios_ocho'
222   TYPE POLYGON
223   DUMP true
224   TEMPLATE void
225   EXTENT 204134 2025976 668233 2248618
226   CONNECTIONTYPE postgres
227   CONNECTION "dbname='conafor' host=localhost port=5432 user=postgres password=postgres"
228   DATA 'the_geom FROM "predios_ocho" USING UNIQUE gid USING SRID=31466'
229   METADATA
230     'ows_title' 'predios_ocho'
231   END
232   STATUS ON
233   TRANSPARENCY 100
234   PROJECTION
235     'proj=utm'
236     'zone=14'
237     'datum=WGS84'
238     'units=m'
239     'no_defs'
240   END
241   CLASS
242     NAME 'Predios'
243     STYLE
244       WIDTH 0.91
245       OUTLINECOLOR 0 0 0
246       COLOR 69 139 116
247     END
248   END
249 END
250

```

Figura 30. Archivo .map

Edición del archivo .map para cargar las capas almacenadas en la base de datos con las especificaciones en la Figura 30.

En la Figura 31 se muestran las categorías que se visualizarán en la lista de capas de información.

```

4 <pmapper>
5   <pmTitle>CONAFOR Desarrollo Forestal</pmTitle>
6   <debugLevel>3</debugLevel>
7   <plugins>export</plugins>
8   <plugins>scalebar</plugins>
9   <plugins>transparency2</plugins>
10  <plugins>queryeditor</plugins>
11  <plugins>graphicalqueries</plugins>
12  <plugins>coordinates</plugins>
13
14
15
16 </pmapper>
17 <config>
18   <pm_config_location>default</pm_config_location>
19   <pm_javascript_location>javascript</pm_javascript_location>
20   <pm_print_configfile>common/print.xml</pm_print_configfile>
21   <pm_search_configfile>inline</pm_search_configfile>
22 </config>
23 <map>
24   <mapFile>pmapper_demo.map</mapFile>
25   <tplMapFile>common/template.map</tplMapFile>
26   <categories>
27     <category name="cat_inegi">
28       <group>b50</group>
29       <group>MGE</group>
30     </category>
31     <category name="cat_prueba">
32     </category>
33     <category name="copostgis">
34       <group>Estado_Mexico</group>
35     </category>
36     <category name="Cat_2008">
37       <group>predios_ocho</group>
38     </category>
39   </categories>
40 </map>
41 </config>
42 </pmapper>

```

Figura 31. Archivo config\_default.xml

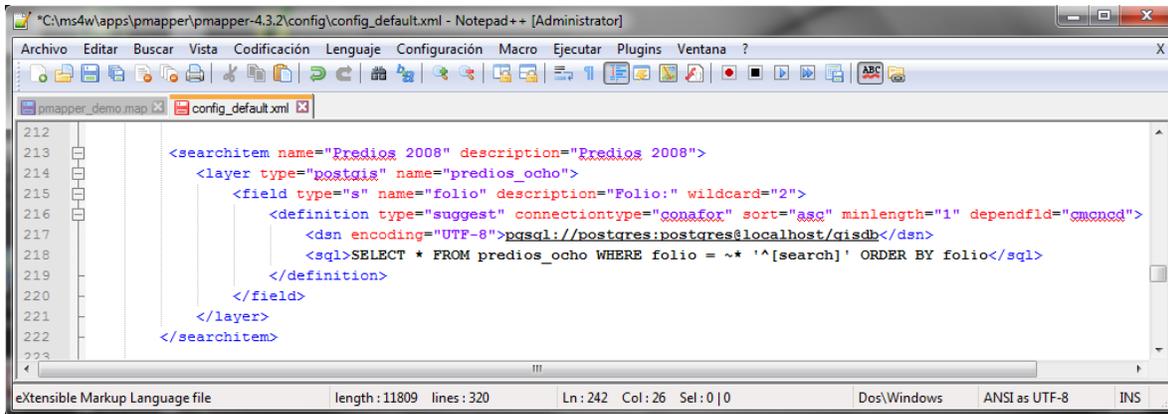


Figura 32. Consultas SQL

La estructura para realizar las consultas SQL se expone en la **Figura 32**.

#### 4.1.8. Diseño de plantillas o interfaz de usuario.

En este apartado se describen y explican las funciones y características de interfaz de la página Web, se diseña de tal manera que no necesite o requiera un programa adicional para la exploración de la información o capacitación para su uso.

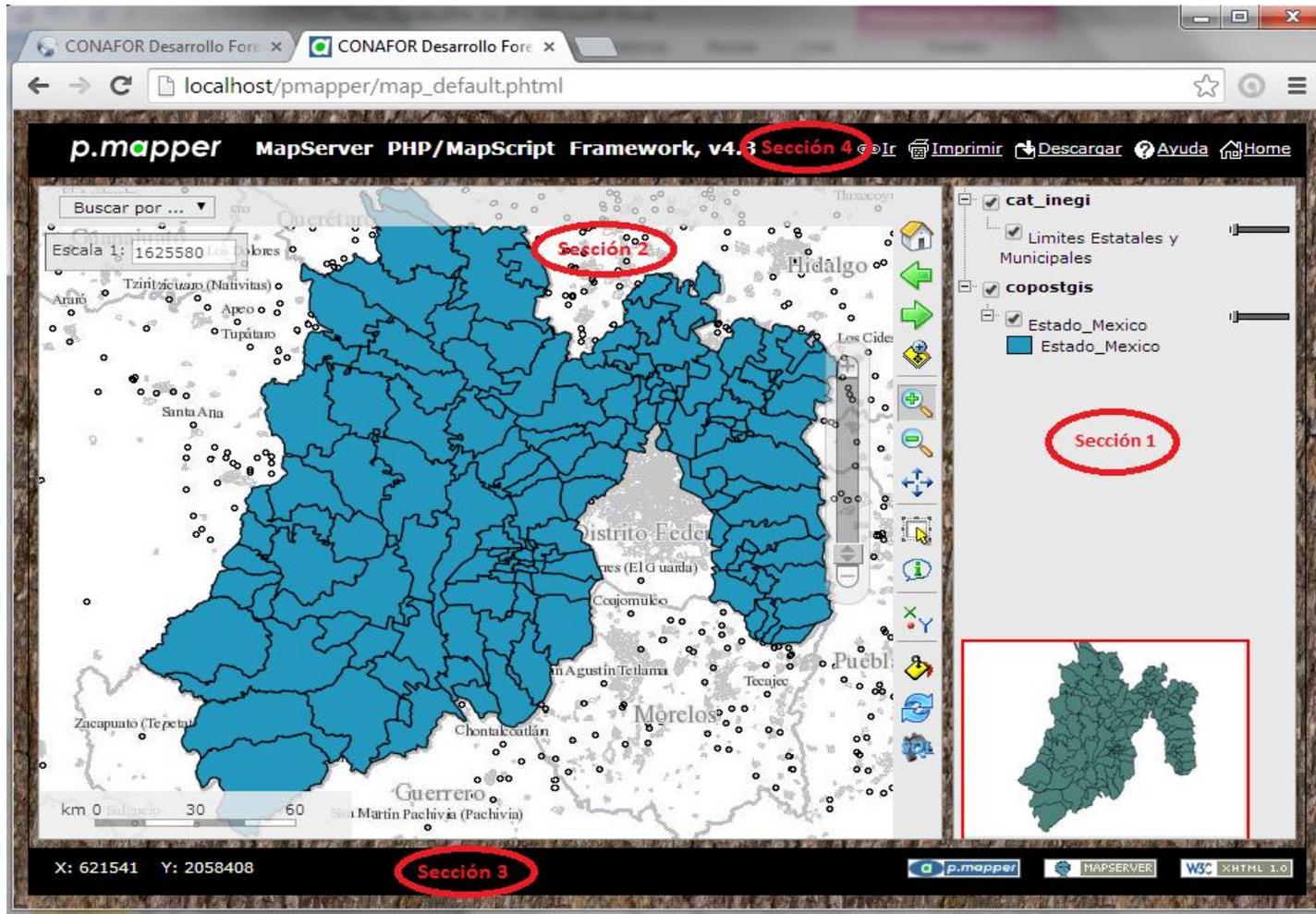


Figura 33. Esquema de interfaz Web Mapping.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

En la **figura 33** se muestra la plantilla principal de la aplicación principal y se divide en secciones que a continuación se describen:

❖ **Sección 1 Tabla de contenidos:** se muestra un menú de árbol de las capas cargadas en el servidor, mismo que sirve para activar o desactivar visualizaciones de contenido y una barra de transparencia según las necesidades del usuario.

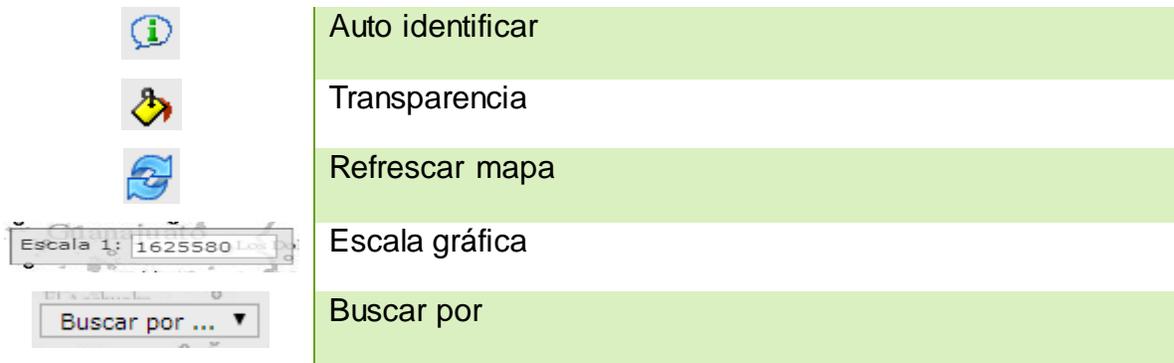
➤ **Mapa interactivo de referencia:** en la parte inferior se muestra una pequeña imagen general de la zona de visualización, interactúa cuando el usuario realiza algún zoom sobre las capas o se mueve en alguna área específica.

❖ **Sección 2 Componentes de la interfaz Web Mapping:** en esta sección podemos notar distintas áreas y herramientas de análisis y consulta para la exploración de información. Esta ventana es la principal y más importante.

➤ **Barra de herramientas:** la encontramos al lado derecho del mapa, cuenta con botones tales como (**Ver tabla 19**):

**Tabla 19. Herramientas del visualizador**

Herramienta	Función
	Visualización completa
	Anterior
	Siguiente
	Zoom a la selección
	Acercar
	Alejar
	Mover
	Seleccionar



Fuente: Elaboración propia, (2014).

➤ **Zona de visualización:** área en la cual se muestran y despliegan las capas seleccionadas para su observación, y en la cual se utilizan las herramientas disponibles en la barra antes descritas.

➤ **Otras áreas:** Se muestra la escala gráfica en la que se encuentra la capa en el momento de su uso y visualización se genera automáticamente por la aplicación. También se encuentra la herramienta **Buscar por**, área en la que mediante un menú seleccionamos el tipo de objeto a buscar, en este caso las búsquedas se ejecutan a través del folio del proyecto que se desea encontrar.

❖ **Sección 3 Coordenadas e íconos:** en esta sección se muestran las coordenadas del mapa en unidades métricas haciendo alusión al sistema de referencia que es **WGS84 UTM zona 14N**, área geográfica asignada para el Estado de México. Así mismo los iconos e imágenes de enlaces a páginas y redes sociales de la CONAFOR y del *Framework P.mapper*.

❖ **Sección 4 Encabezado:** área de presentación del *Web Mapping*, además de las opciones imprimir y descargar.

La información de visualización se reagrupó por categorías:

- ✚ Elementos cartográficos WMS, conexiones al servidor de mapas de INEGI (División política a nivel municipal).

- ✚ Información por año y proyectos del departamento de Desarrollo Forestal.

Las capas de información se activan o desactivan por medio de los *checkbox*, sin necesidad de redibujar, la aplicación lo hace automáticamente, una ventaja de este sistema es que podemos activar distintas capas de información existiendo superposición según el orden en el que se encuentran definidas en el archivo de configuración .map.

## **4.2. IMPLEMENTACIÓN**

### **4.2.1. Productos Finales**

- ✓ Se implanta un sistema de información Objeto – Relación (Geográfico y Temático), servidor de bases de datos.
- ✓ Se cuenta con un visualizador *Web Mapping* de la información espacial de manera gráfica.

### **4.2.2. Funciones**

#### **\* Herramientas de navegación**

El *Web Mapping* inicia con una vista general de las áreas geográficas de interés, en el cual el navegador puede explorar y navegar en busca de información. Con la herramienta **Acercar y Alejar** se puede controlar la zona para el nivel de visualización demandada por el usuario.

**Anterior y Siguiente** herramienta que sirve para recuperar una vista del mapa visualizado previamente y después se puede regresar a la última vista en el mapa.

**Mover** esta herramienta le permite al usuario desplazarse por toda el área de visualización.

\* **Visualizar y Seleccionar capas**

Se configuraron los archivos correspondientes para mostrar las capas disponibles y su leyenda respectivamente.

\* **Consultas por selección y búsquedas**

En esta aplicación cuenta con la herramienta para buscar información geográfica mediante los atributos alfanuméricos albergados en la base de datos.

\* **Identificar atributos en el mapa**

Función básica de un SIG, por medio de esta herramienta el usuario puede seleccionar el elemento del cual desea obtener información asociada a dicho elemento.

\* **Impresión y descargas**

La aplicación cuenta con la opción de imprimir el mapa ya sea en papel o en formato PDF, el cual incorpora la leyenda de los objetos visualizados.

\* **Medición de distancias y superficies**

El usuario podrá encontrar una herramienta que le permite obtener distancias de un punto a otro o bien medir el perímetro de un polígono, dibujándolo directamente en la zona del mapa.

\* **Servicios WMS**

Cuenta con acceso a servicios WMS externos de INEGI quien presenta la división política a nivel estatal y municipal, representa con puntos las localidades y muestra el nombre de cada uno de ellos.

# Capítulo 5

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

*Este capítulo tiene el propósito de exponer y evaluar la funcionalidad de la aplicación Web Mapping*

## CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### 5.1. RESULTADOS

Con el objetivo de exponer los resultados se realizaron diversas operaciones en el sistema para observar hasta qué grado se había cumplido lo establecido en los objetivos iniciales y el diseño planteado. Para comenzar este recorrido es necesario que el usuario entre a la página de inicio en donde podemos encontrar una breve explicación de lo que es la CONAFOR, el Departamento de Desarrollo Forestal sus objetivos, da un breve panorama fundamental de los apoyos que ellos gestionan en dicha institución, se presenta una galería de imágenes, el Mapa (Pantalla Principal), Ubicación de sus oficinas y Contacto (**Ver Figura 34**). Desde esta pantalla en la pestaña “Mapa” se invoca a *MapServer* para cargar el mapa según las capas guardadas en el archivo *.map*. En la **Figura 35** se muestra la pantalla principal de aplicación Web es donde se representan los mapas de los predios y apoyos de los ejercicios 2008, 2009, 2010, 2011 y 2012. El *Web Mapping* contiene dos servicios *WMS* de la plataforma de INEGI, el *WMS* Ortofotos y Límites Municipales, AGEB’s urbanos y rurales y localidades. En la **figura 36** se puede observar cómo funciona la herramienta “Buscar por”, por medio de esta podemos realizar consultas espaciales mediante el folio asignado según el año. Cuando se da clic sobre el combo “Buscar por” se despliega la lista de capas disponibles para ser consultadas, en seguida se activa un cuadro de texto en donde se digita el folio a consultar en el ejemplo se muestra el folio **S20081500209**, le damos clic en el botón “Buscar” y saldrá en pantalla un cuadro de texto mostrando los resultados de la consulta, en este caso existen dos registros con el mismo folio, del lado derecho está un signo + el cual al darle clic genera un zoom a la capa mostrando en el visualizador el predio o polígono seleccionado. En el cuadro de texto en la parte inferior podemos encontrar dos opciones para descargar el resultado de la consulta ya sea en formato **.CVS** o bien en formato **.SHP de ESRI**.



Figura 34. Pantalla Inicio.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

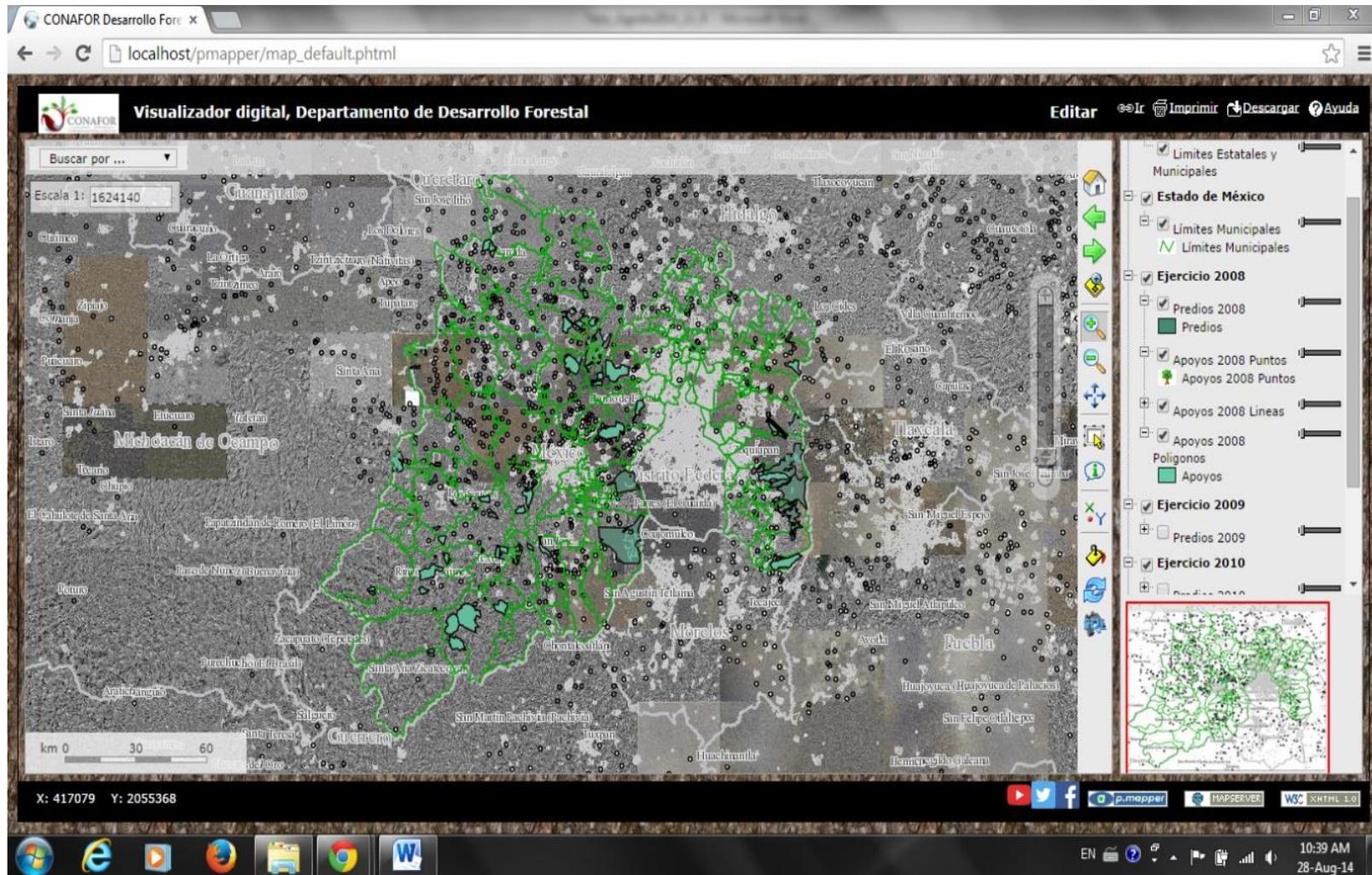


Figura 35 Pantalla Principal.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

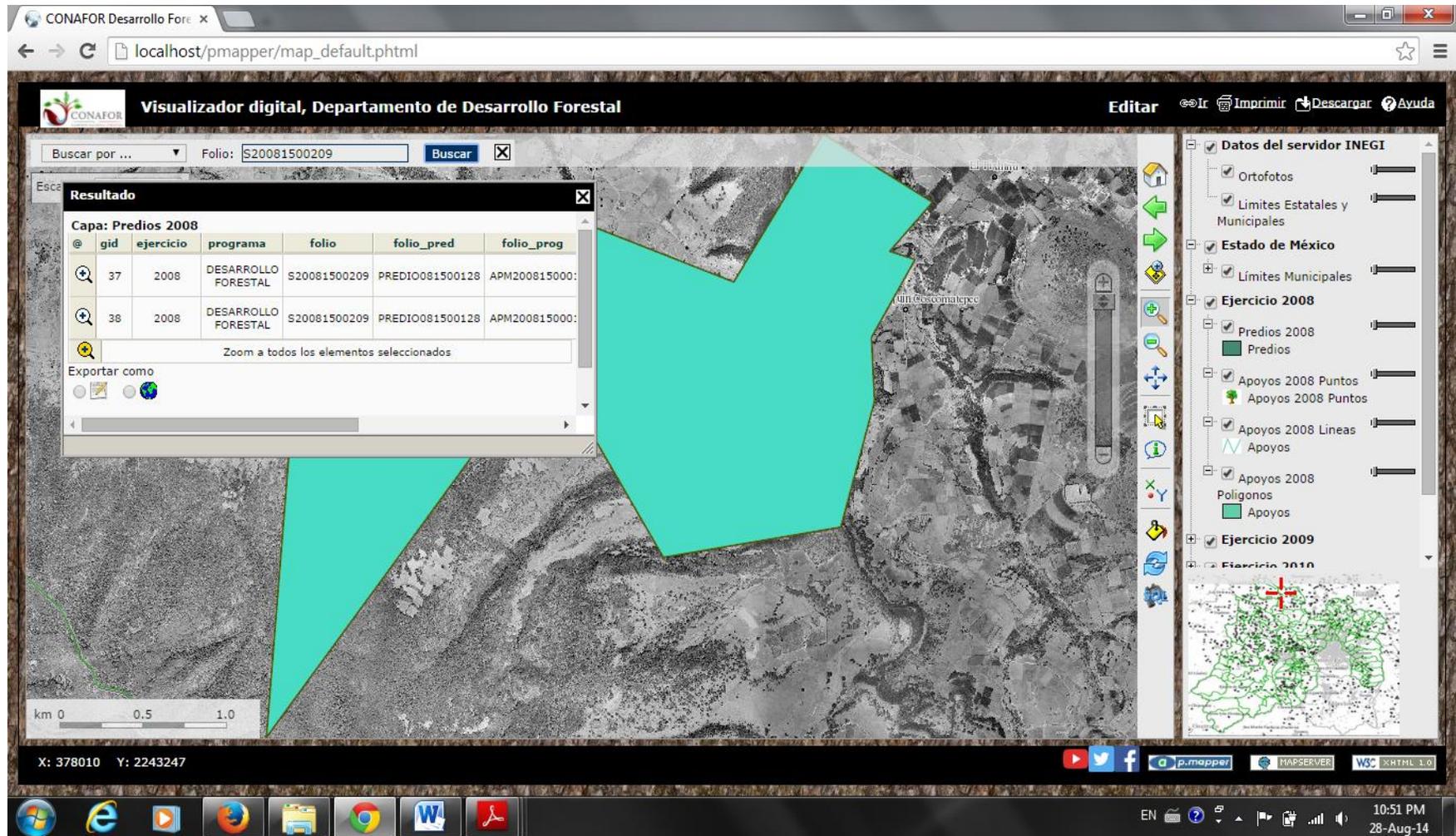


Figura 36 Consultas espaciales.

Fuente: Elaboración propia, (2014)

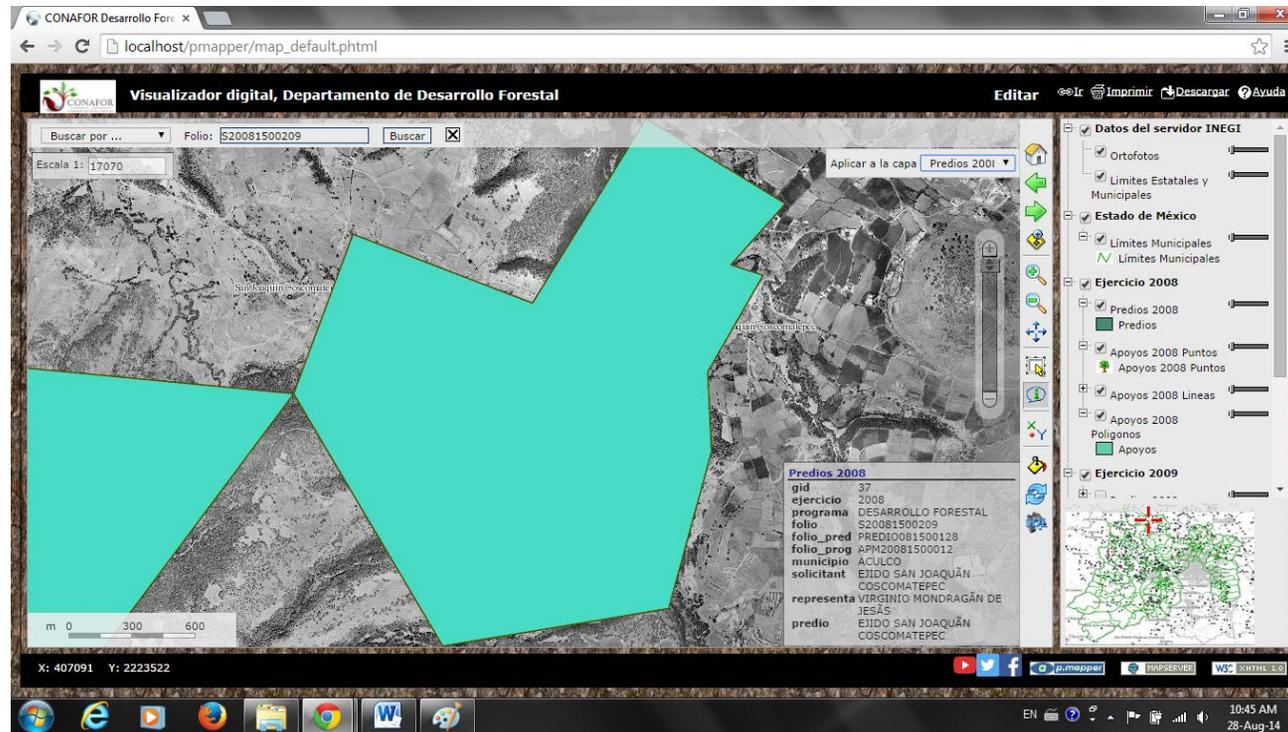


Figura 37 Herramienta Autoidentificar.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

La **figura 37** expone la funcionalidad de la herramienta **Autoidentificar**, la cual funciona de la siguiente manera: iniciamos con seleccionar la herramienta, después de seleccionarlo nos dirigimos el combo “**Aplicar a la capa**” en donde debemos seleccionar la capa, damos clic sobre algún polígono, punto o línea del cual deseamos información, en seguida se desplegará en pantalla una cuadro al lado izquierdo de la barra de herramienta, donde aparecen los atributos del objeto.

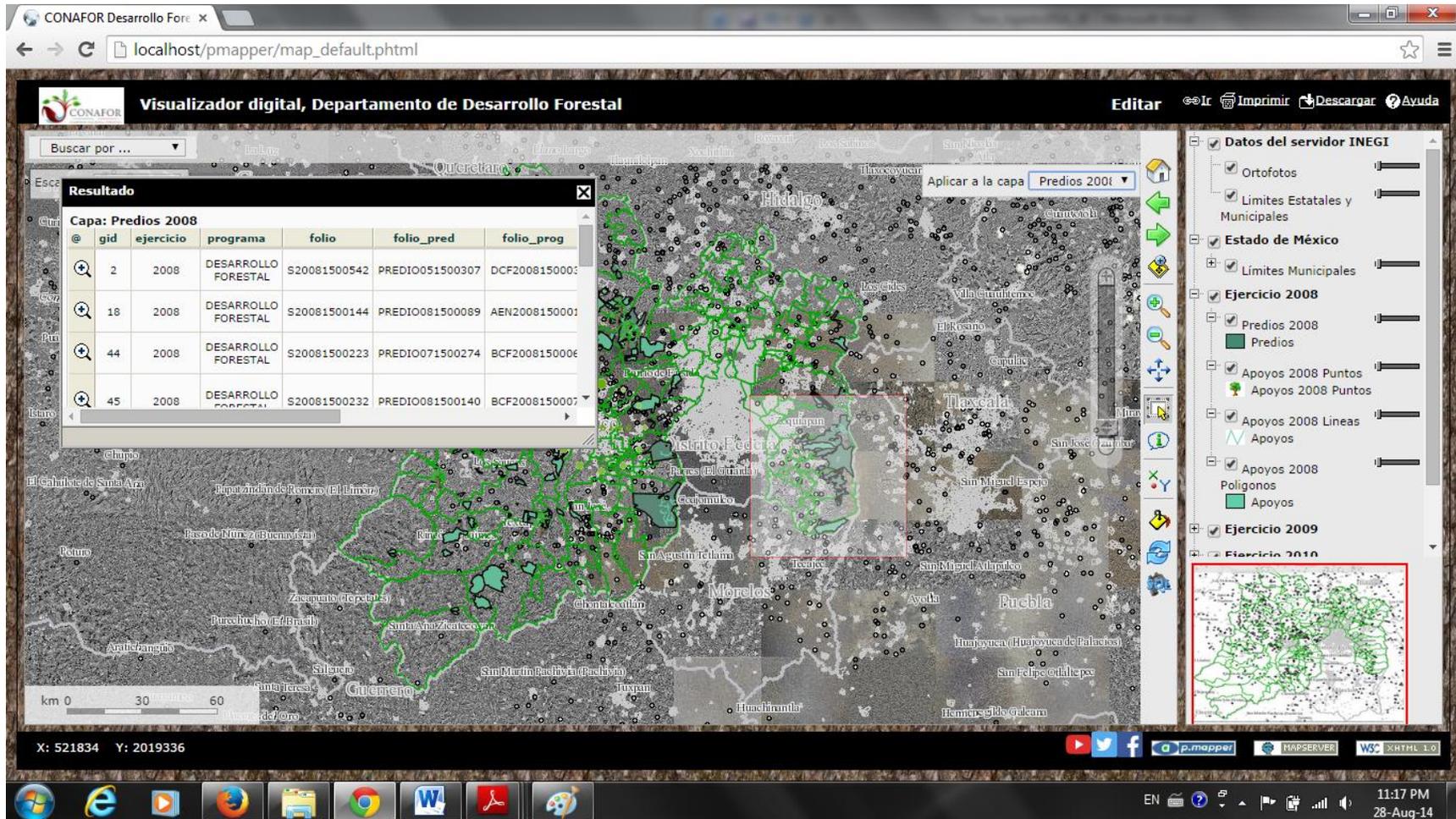


Figura 38 Herramienta Seleccionar.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Herramienta **Seleccionar (Ver Figura 38)**, el caso de uso de esta herramienta se basa en seleccionar primero la capa de interés en el combo **“Aplicar a la capa”**, posteriormente se debe dibujar un recuadro con el curso sobre la zona cartográfica, el cual nos selecciona los objetos que quedaron dentro del recuadro dibujado, se desglosara una pequeña pantalla similar a la expuesta en la herramienta de consultas espaciales, mostrando todos los objetos contenidos y con las mismas opciones de descarga en los formatos **.CVS y .SHP**. Y finalmente realizara un zoom al área seleccionada.

En esta pantalla se muestra el procedimiento para imprimir el mapa actual en el visualizador, lo encontramos en la pestaña **Imprimir**, al seleccionarla se despliega en pantalla un cuadro llamado **“Configurar la impresión”**, existen dos opciones de configuración **Standard** y **Avanzada (Solo PDF)**. En la opción **Standard solo** descarga una imagen en formato **PNG (Ver Figura 39)**, podemos definir la escala a la que el mapa se va a imprimir y si quiere con mapa de referencia, lo cual es poco recomendable dado que el mapa de referencia ocupa la mayor parte de la imagen. La opción **Avanzada (Solo PDF)** nos permite determinar los parámetros de descargar en formato **PDF** tales como: Escala, Con o sin mapa de referencia, Título de la impresión, Tamaño del papel **A3 o A4 (tamaño carta)**, Orientación Vertical/Landscape y Leyenda **(Ver Figura 40)**.

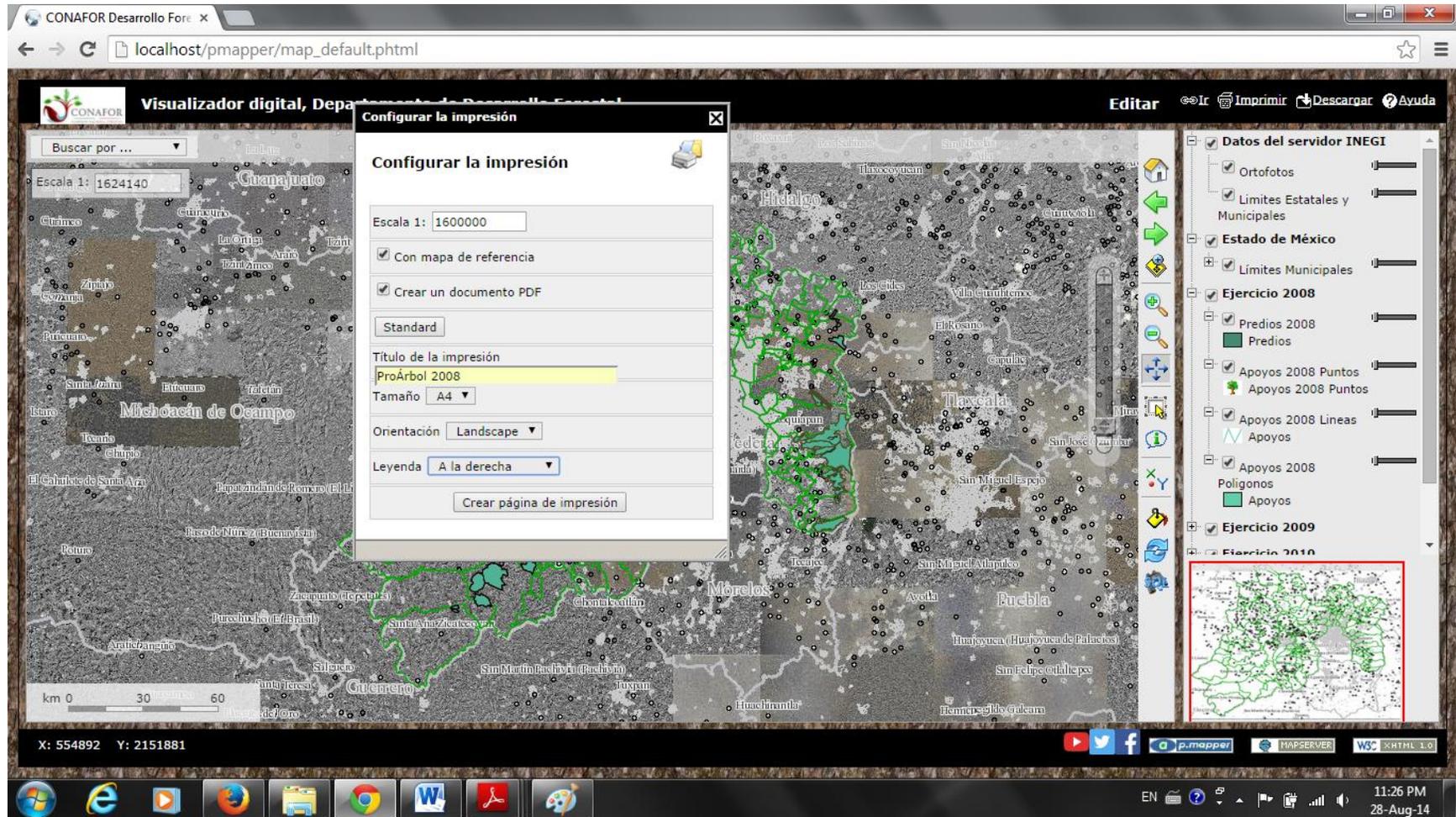


Figura 39 Opción Imprimir.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

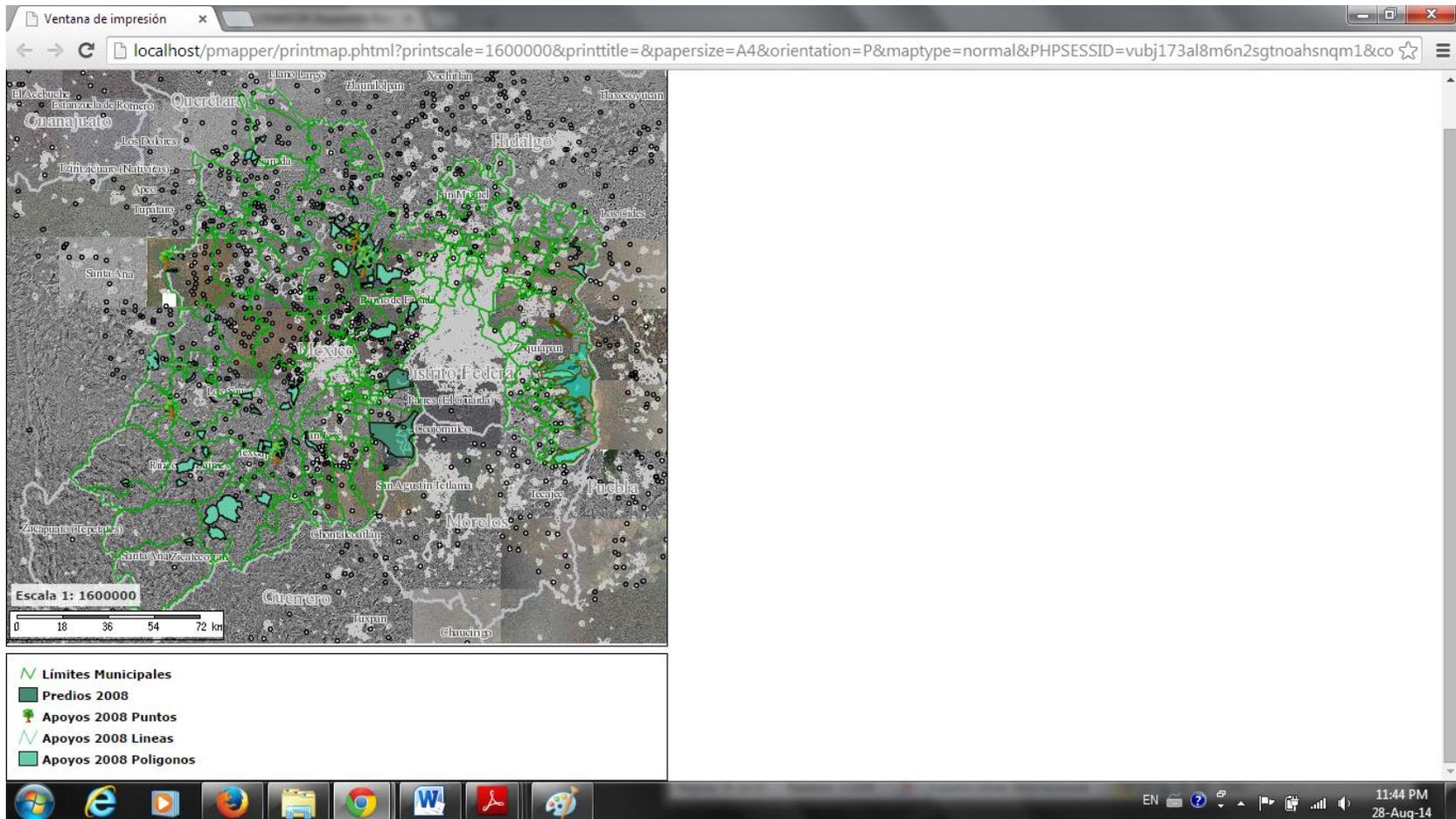


Figura 40. Impresión de mapa en formato PNG.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

En esta figura se observa el resultado de la opción imprimir en formato PNG.

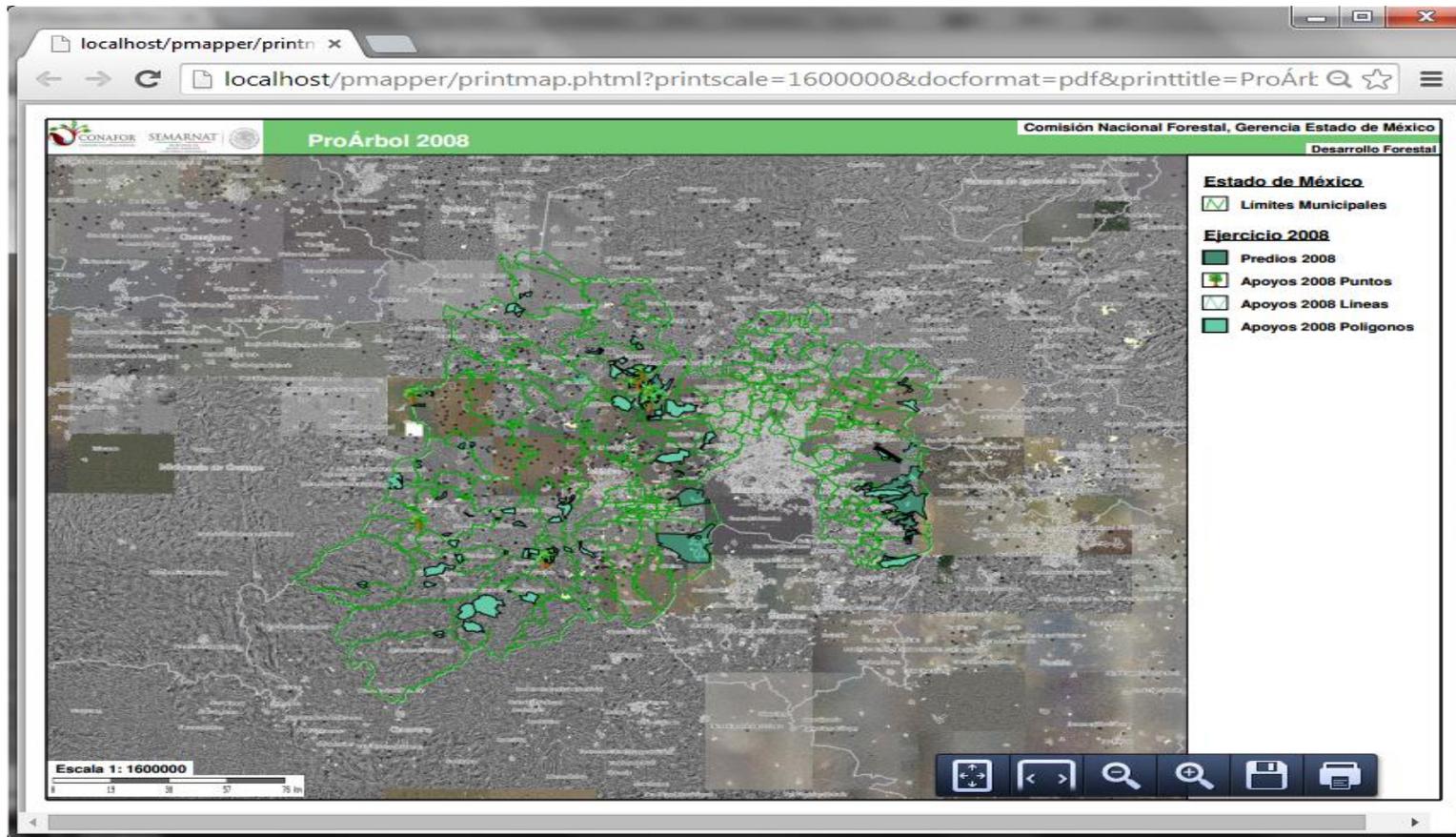


Figura 41. Impresión del mapa en formato PDF.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Y así es como se descarga el mapa en formato PDF con las características que se eligen en la figura 38.

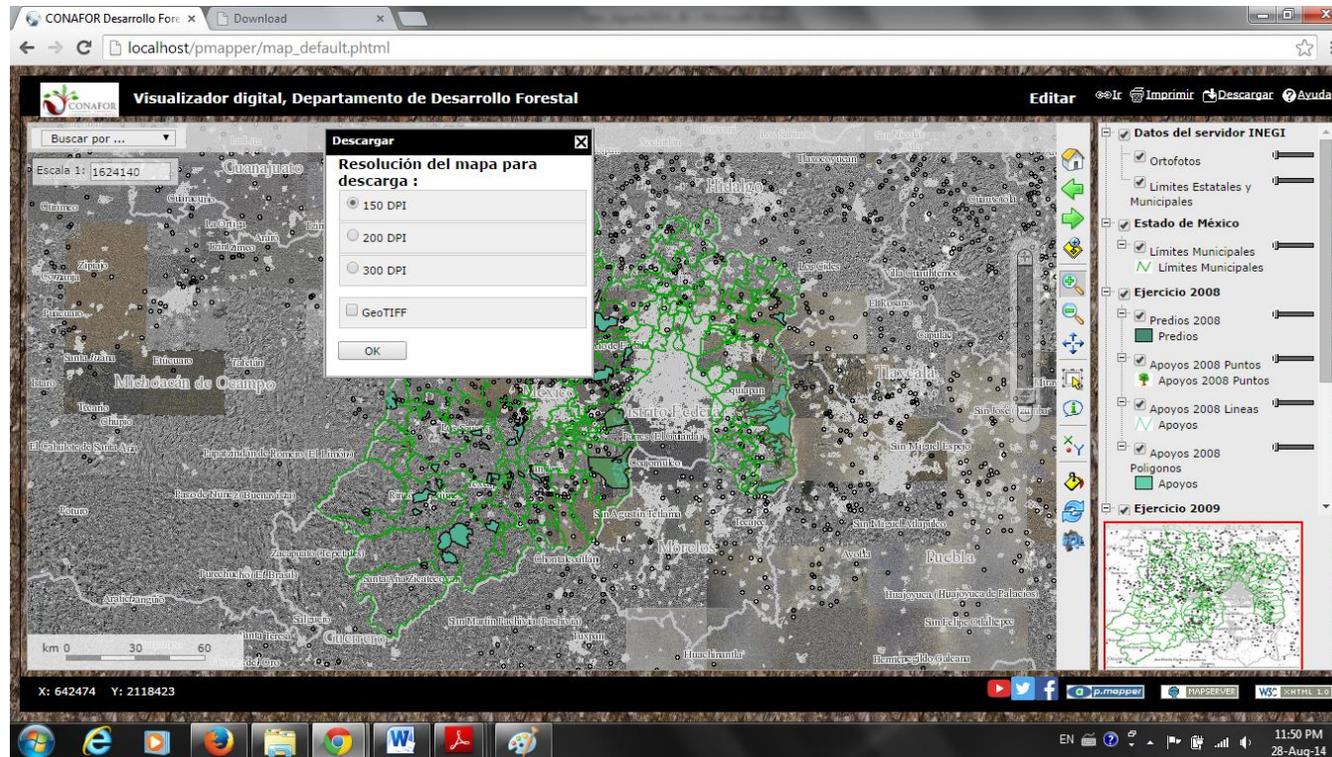


Figura 42. Opción Descargar.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Esta pantalla muestra la funcionalidad de la pestaña “**Descargar**”, la cual está encargada de descargar en formato **PNG** y **GeoTIFF**, en el cual podemos seleccionar la Resolución del mapa para descargar, si la descarga es en formato **PNG** los opciones de descarga serán a 150, 200 o 300 **DPI** por sus siglas en inglés (**Dots per inch**), que en el español significa **Puntos por pulgada**.

En la siguiente imagen podemos observar la imagen que se genera al descargarla en formato PNG, seleccionando 150 DPI (Ver Figura 42).

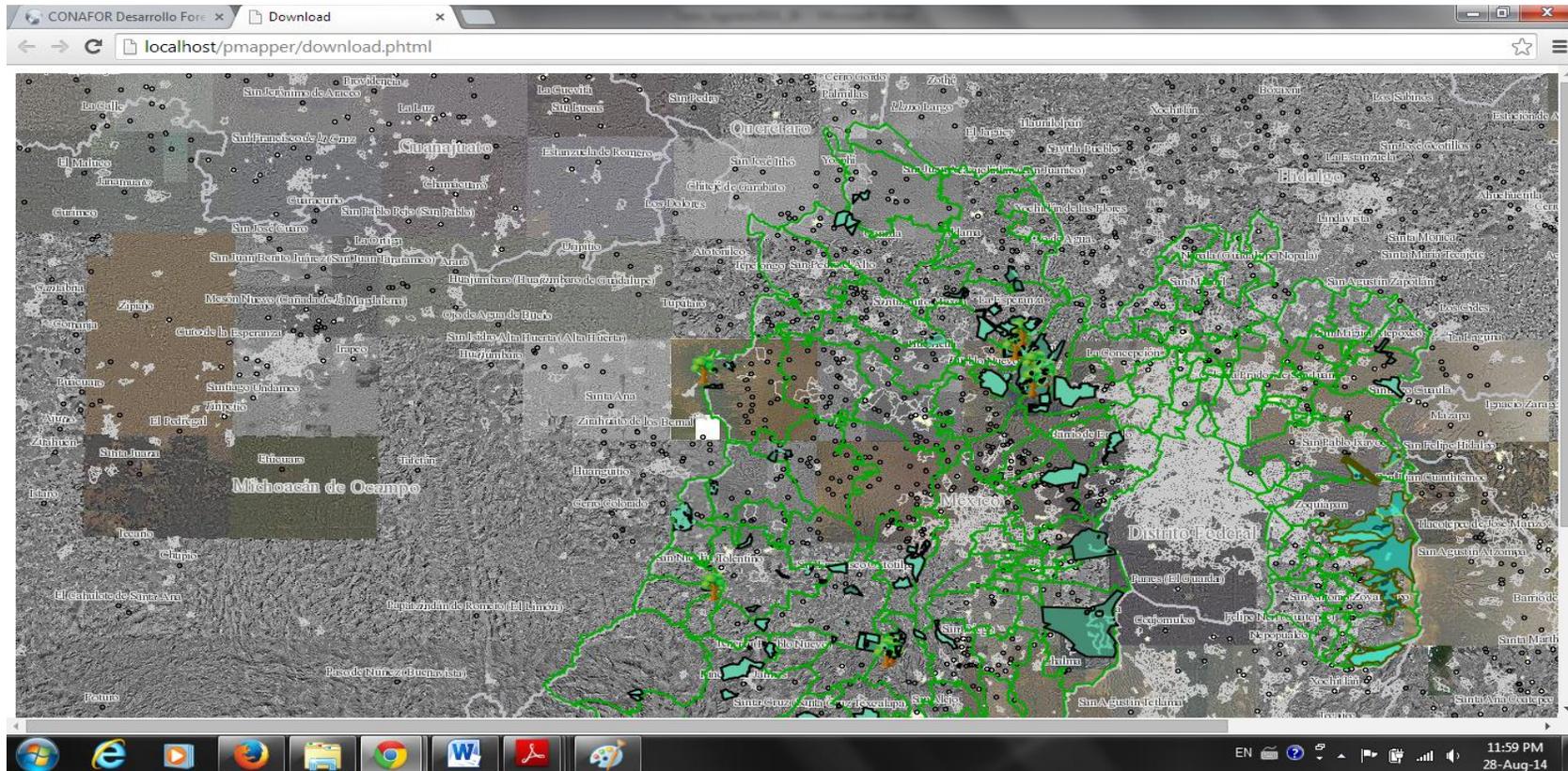


Figura 43. Descarga de imágenes.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

## 5.2. CONCLUSIONES

El uso de Sistemas de Información Geográfica y desarrollo de aplicaciones *Web Mapping*, enfocadas a niveles gubernamentales ha demostrado que siempre será una óptima opción para la gestión y administración de información tanto cartográfica como alfanumérica con el auxilio de manejadores de bases de datos con extensiones espaciales, y lo más importante que a muchos les compete es que se realizan bajo arquitecturas distribuidas y con uso software de código abierto, lo que le da puntos a favor por los bajos costos que esto implica. Se demuestra que la implementación de la aplicación *Web Mapping* cumple tanto con el objetivo general como con los objetivos específicos y en las determinaciones descritas en el análisis de requerimientos planteados en un principio, el desarrollo de esta aplicación sirve como prototipo para la creación de nuevas herramientas para visualizar y consultar información.

Como se puede observar en capítulos anteriores se han descrito y planteado los problemas existentes que se resuelven en este proyecto, en seguida se presenta una lista de los resultados satisfactorios en los siguientes aspectos:

- ✓ Mediante la realización de esta aplicación *Web Mapping* se resuelve la problemática relacionada al bajo porcentaje de aplicaciones informáticas en plataformas de software libre, adaptadas a la necesidad del departamento de visualización de datos geográficos e información del objeto relacionado.

- ✓ Se impulsa a la sociedad y en este caso a las instituciones gubernamentales a la generación de sistemas informáticos y de comunicación haciendo uso de estándares abiertos, para obtener los beneficios deseados y satisfacer sus necesidades.

- ✓ Se muestra el funcionamiento eficaz e importante del uso de herramientas geotecnológicas en el desarrollo de aplicaciones *Web Mapping* para resolver problemáticas de gestión de información, observándose como una opción óptima en la explotación de datos.

✓ Mejora el rendimiento y representación de información geográfica en formatos vectoriales para conocer sus características espaciales y descriptivas.

Cada día se han ido aumentando los desarrollos de software y aplicaciones funcionales de código abierto, permitido a usuarios el fácil acceso a ellos y sin ningún costo, generando nuevas alternativas en servidores de mapas y gestores de bases de datos, mostrando las posibilidades y alcance de este tipo de tecnologías para resolver problemáticas de Gestión de información.

Se demuestra que existen alternativas como el uso de geotecnologías y software de código abierto, que facilitan el desarrollo de proyectos piloto para la gestión y manejo de información alfanumérica y lo principal relacionándola con datos cartográficos, dirigiéndose a una buena explotación de datos para su consulta y análisis, de manera dinámica y gráfica, sin la necesidad de ser usuarios con conocimientos específicos para poder utilizar el sistema. Siendo está la mejor manera de lograr que el personal del departamento identifique el potencial que una aplicación *Web Mapping* puede brindar. Esto permite impulsar las políticas de producción de sistemas de información haciendo uso de estándares abiertos, que se moldeen y adapten a las necesidades de visualización y manipulación de información relacionadas.

### **5.3. RECOMENDACIONES**

Ya para finalizar es necesario y de suma importante mencionar que este es un proyecto extenso y ambicioso que no concluye aquí, por lo cual se recomienda a futuros estudiantes o tesisistas que tengan interés por el desarrollo de aplicaciones *Web Mapping* y sobre todo por el proyecto, realicen la complementación de este sistema.

- Se sugiere complementar y actualizar con datos de los programas de ejecución en el año 2013 y los ejercicios que actualmente se están llevando a cabo.
- Consolidar un sistema de reportes por año, por beneficiario y por concepto de apoyo, pudiendo hacer un análisis de las metas alcanzadas en el lapso de entre de proyectos.
- Consolidar y mejorar la base de datos geoespacial a manera que se tomen en cuenta todos los recursos disponibles por venir durante su implementación.
- Mejorar la interfaz *Web Mapping* donde permitan a los usuarios finales descarguen un reporte de apoyos por año, por beneficiario o folio de solicitud.
- Establecidas las recomendaciones anteriores, esta aplicación *Web Mapping* queda abierta a futuras modificaciones según las necesidades de los usuarios potenciales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Análisis y diseño de sistemas – Modelos para el desarrollo de software.* (2001). Recuperado el Septiembre de 2013, de <http://osc.co.cr/analisis-y-diseno-de-sistemas-modelos-para-el-desarrollo-de-software/>
- S/G. (2013). Recuperado el Mayo de 2013, de [http://huespedes.cica.es/aliens/geo/gibraltar/articulo/11\\_sistemas\\_de\\_informacion\\_geografica.pdf](http://huespedes.cica.es/aliens/geo/gibraltar/articulo/11_sistemas_de_informacion_geografica.pdf)
- Andalucía, M. d. (Septiembre de 2014). *Estándares del Open Geospatial Consortium (OGC)*. Obtenido de <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/recurso/19-0>
- Asteazkena. (2014). *Observatorio tecnológico*. Recuperado el Septiembre de 2014, de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/eu/software/servidores/580-elvira-mifsud>
- BARR, M. (2005). *Open Source versus Proprietary Software: a discussion*. Obtenido de <http://www.matthewbarr.co.uk/opensource.htm>
- Capítulo 4 Servidores de Mapas.* . (s.f.). Recuperado el 22 de Julio de 2013, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/56/10/Capitulo4.pdf>
- Censos, I. I. (2014). Mapa Dinámico” Un Servicio Web de publicación de mapas y consultas geo-referenciadas.
- Christian, H. (1998). *IMS (Serving Map son the Internet)*. EEUU: ESRI PRESS.
- CIA. (2008). *Tema 1. Arquitectura Cliente/Servidor*. Recuperado el Noviembre de 2013, de <http://ccia.ei.uvigo.es/docencia/SCS/Tema1.pdf>.
- Consortium., G. (s.f.). *Introduction to Spatial Data Management with PostGIS*. Recuperado el Mayo de 2013, de [http://www.mapbender.org/presentations/Spatial\\_Data\\_Management\\_Arnulf\\_Christl/Spatial\\_Data\\_Management\\_Arnulf\\_Christl.pdf](http://www.mapbender.org/presentations/Spatial_Data_Management_Arnulf_Christl/Spatial_Data_Management_Arnulf_Christl.pdf)
- Fernando Martins Pimenta, Elena Charlotte Landau, André Hirsch, Daniel Pereira Guimaraes. (2012). *PROGRAMAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR DADOS GEOGRÁFICOS MULTIDISCIPLINARES UTILIZANDO TECNOLOGIAS LIVRES*. Brasil: Embrapa.

- Forestal, C. N. (2003). *Conceptos básicos y consulta de datos electrónicos*.  
Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx>
- Gibert Ginestà, M. y Pérez Mora, Oscar. (2009). *Bases de Datos en PostgreSQL*.  
Recuperado el 15 de Mayo de 2013, de [http://ocw.uoc.edu/computer-science-technology-and-multimedia/bases-de-datos/bases-de-datos/P06\\_M2109\\_02152.pdf](http://ocw.uoc.edu/computer-science-technology-and-multimedia/bases-de-datos/bases-de-datos/P06_M2109_02152.pdf)
- Goizueta, Javier. ECAS Técnicos Asociados S.A. (2014). Bases de datos geográficos.
- Humboldt, I. d. (2006). "Los Sistemas de Información Geográfica".  
*Geoenseñanza*(Enero - Junio), 107 - 116.
- IGAC. (1995). Conceptos Básicos sobre Sistemas de Información Geográfica y aplicaciones en Latinoamérica.
- Inforesources. (2007). *Tecnologías de Información Geográfica para el Manejo de los Recursos Naturales*. Focus.
- Madrid, U. A. (2011). Tutorial de Servidores WMS (Web Map Service. *Cursos de Formación CARTOTECA Rafael Mas*.
- MapServer. (2013). *p.mapper A MapServer PHP/ MapScript Framework*.  
Recuperado el 13 de Mayo de 2013, de [SourceForge.net.:](http://www.pmapper.net/)  
<http://www.pmapper.net/>
- MapServer. (s.f.). *Open Source Web Mapping*. Recuperado el 2014, de <http://mapserver.org/>
- Minnesota., R. o. (s.f.). *MapServer open source Web Mapping*. Recuperado el 12 de Mayo de 2013, de <http://mapserver.org/>
- Moreno Jiménez, A. (2006). Manual de auto aprendizaje con ArcGIS. En *Sistemas de Análisis de la Información Geográfica*. México: Alfaomega Ra Ma.
- (s.f.). *Norma Iso 19128, "Geographic Information - Web Map Server Interface"*.
- OCG. (Septiembre de 2014). *OGC Standards and Supportin Documents*. Obtenido de <http://www.opengeospatial.org/standards>
- OGC. (s.f.). *Open Geospatial Consortium*. Recuperado el 2014, de <http://www.opengeospatial.org/>
- OPENBIZ, C. e. (2009). Documento informativo OPEN SOURCE. (10ª), 5.

- P.mapper. (s.f.). Recuperado el 2014, de <http://www.pmapper.net/>
- Peinado, F. (s.f.). *PHP Introducción y sintaxis*. Recuperado el Septiembre de 2014, de Tecnologías web.
- Peterseil, J. (30 de 03 de 2010). European Biodiversity Observation Network .  
*Desing on a plan for an integrated biodiversity system in space abjnd time.*
- PostGIS. (s.f.). *Acerca de PostGIS*. Recuperado el Mayo de 20136, de <http://postgis.net/>
- PostGIS. (s.f.). Recuperado el 2014, de <http://postgis.refractor.net/>
- PostgreSQL. (s.f.). Recuperado el 2014, de <http://www.postgresql.org/es/>
- QGIS. (2014). *Quantum GIS*. Obtenido de Un Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto: <http://www.qgis.org/es/site/>
- Rigaux, P.; Scholl, M. & Voisard, A. (2001). *Introduction to Spatial Databases: Applications to GIS*. Morgan Kaufmann.
- Shekhar, S. &. (2002). *Spatial Databases: A Tour*. Prentice Hall.
- Sitio Web GeoServer. (s.f.). Recuperado el 2014, de [www.geoserver.org](http://www.geoserver.org)
- Sosa-Pedroza, Jorge; Martínez-Zúñiga . (2009). Los sistemas de información geográfica y su aplicación en enlaces de comunicaciones. *Científica*(Enero-Marzo), 27 - 37.
- Stallman, R. M. (2004). *Software libre para una sociedad libre*. Madrid.
- WebGIS. (s.f.). *Source data for download*. . Recuperado el 2013 - 2014, de <http://www.webgis.com>
- wordpress.com, B. d. (2014). *Arquitectura Cliente- Servidor*. Obtenido de <http://cursodecreacionweb.wordpress.com/2012/08/19/arquitectura-cliente-servidor/>