



SIG Web para gestión y utilización de la Red Nacional de Caminos sobre la plataforma MxSIG, 1ª etapa

Elsa María Morales Bautista
Juan Carlos Vázquez Paulino
Miguel Ángel Backhoff Polhs
Jonatan Omar González Moreno

**Publicación Técnica No. 576
Sanfandila, Qro, 2020**

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**SIG Web para gestión y utilización de la Red
Nacional de Caminos sobre la plataforma MxSIG,
1ª etapa**

Publicación Técnica No. 576
Sanfandila, Qro, 2020

Esta investigación fue realizada en la Unidad de Sistemas de Información Geoespacial del Instituto Mexicano del Transporte, por la M. en SI Elsa María Morales Bautista y el Lic. Juan Carlos Vázquez Paulino. Se contó con la colaboración del M. en Geog. Miguel Ángel Backhoff Pohls y el M. en C. Jonatan Omar González Moreno.

Este trabajo es el producto final del proyecto de investigación interna OI-04/18 SIG Web para gestión y utilización de la Red Nacional de Caminos sobre la plataforma MxSIG, 1ª etapa.

Se agradecen los comentarios del Dr. Guillermo Torres Vargas, Jefe de la División de Estudios Económicos y Sociales del Transporte.

Contenido

Índice de figuras	Vi
Índice de tablas	X
Sinopsis	Xii
Abstract	Xiv
Resumen Ejecutivo	Xvi
Introducción	1
Capítulo 1. Marco conceptual de referencia	
1.1 La Red Nacional de Caminos	3
1.2 Sistemas de Información Geográfica (SIG)	4
1.3 SIG Web	6
1.3.1 Servicios Web geoespaciales	7
1.3.2 Servidores de mapas vía Web	8
1.3.3 Lenguajes de diseño y desarrollo para SIG Web	11
1.3.4 Formatos para intercambio de datos geoespaciales	12
1.4 La Plataforma MxSIG	14
Capítulo 2. Configuración e implementación de MxSIG	
2.1 Identificación de requerimientos	17
2.2 Instalación y configuración del software que forma parte de la plataforma MxSIG	18
2.3 Proceso de preparación de los datos de la RNC para su publicación	23
2.4 Configuración de los archivos base de MapServer	25

2.5 Configuración de estilos para tematizar los datos geoespaciales	28
Capítulo 3. Resultados y productos obtenidos	
3.1 Configuración de la plataforma en servidor dedicado	35
3.1.1 Versiones de Mapserver para Windows (MS4W)	36
3.2 Personalización de la interfaz gráfica de usuario	37
3.2.1 Adaptación a la imagen institucional del IMT	37
3.2.2 Propuesta de mejora para el menú de capas	38
3.2.3 Configuración del carrusel de acceso rápido a las capas de datos	40
Conclusiones	43
Bibliografía	45

Índice de figuras

Figura 1.1	Propósito de la RNC	3
Figura 1.2	Origen de la plataforma MxSIG	14
Figura 1.3	Componentes de software que integran la plataforma MxSIG	15
Figura 2.1	Contenido de la carpeta /map	22
Figura 2.2	Herramientas de PostGIS para integrar datos a PostgreSQL	24
Figura 2.3	Estructura del archivo tree.js	25
Figura 2.4	Estructura del archivo mapfile	26
Figura 2.6	Parte de la simbología utilizada para las capas vectoriales de tipo punto	29
Figura 2.7	Colores utilizados para la simbología de las capas de carreteras	29
Figura 2.8	Visualización de la capa de carreteras federales	30
Figura 2.9	Visualización de la capa de carreteras estatales	31
Figura 2.10	Visualización de la capa de localidades	31
Figura 2.11	Visualización de la capa de plazas de cobro	32
Figura 2.12	Visualización de marcas de kilometraje o hito kilométrico	32
Figura 2.13	Visualización de la capa de datos de estructuras	33
Figura 2.14	Visualización de la capa de sitios de interés	33
Figura 2.15	Visualización de los registros de transbordadores	34

Figura 3.1	Imagen de la interfaz de acceso	37
Figura 3.2	Opciones de mapas base disponibles en la plataforma	38
Figura 3.3	Imagen del menú de capas abierto sobre el mapa	39
Figura 3.4	Propuesta de cambio de tamaño al menú de capas.	39
Figura 3.5	Opciones de acceso rápido a las capas de datos configuradas en el carrusel.	40

Índice de tablas

Tabla 2.1	Requerimientos funcionales y no funcionales	17
Tabla 2.2	Software y herramientas utilizadas	18
Tabla 2.3	Esquema y listado de tablas de datos en PostgreSQL	23
Tabla 2.4	Grupos de capas configuradas en el <i>map file</i>	27
Tabla 3.1	Características del servidor físico del IMT	35
Tabla 3.2	Funcionalidades de las diferentes versiones de ms4w	36

Sinopsis

En el presente trabajo se describen las principales etapas de diseño y desarrollo para la implementación de la plataforma MxSIG como un Sistema de Información Geográfica vía Web que permite la gestión y utilización de los datos que integran la Red Nacional de Caminos.

Se describe a detalle el proceso de configuración de MxSIG, plataforma creada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) la cual ofrece como fortaleza la posibilidad de incorporar múltiples servicios de mapas (WMS) con información de interés a nivel nacional y pluritemática a través de los mapas base que se incluyen en el entorno del mapa digital.

Uno de los principales beneficios que se tienen al contar con este desarrollo, es que se logra tener la base para la conformación de un SIG Web por medio de cual el personal de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes tendrá acceso a la visualización de los datos de la RNC, así como del aprovechamiento de las herramientas que se proveen en el sistema para realizar tareas de análisis sencillo y medición de distancias y, de la misma manera digitalizar información y generar imágenes de mapas que podrán ser incorporados en sus reportes de actividades.

Abstract

In this paper we describe the main stages of design and development for the implementation of the MxSIG platform as a Web GIS (Geographic Information System), that allows the management and use of the data that make up the National Road Network.

The configuration process of MxSIG is described in detail. MxSIG is a platform created by the National Institute of Statistics and Geography (INEGI) that offers as a strength the possibility of incorporating multiple map services (WMS) with information of national and plurithematic interest through of the base maps that are included in the digital map environment.

Among the main benefits of having this development, is that it is possible to have the basis for the creation of a GIS Web through which the personnel of the Ministry of Communications and Transportation (SCT) will have access to the visualization of the data of the RNC as well as the use of the tools that are provided in the system to perform tasks of simple analysis and distance measurement, as well as digitize information and generate images of maps that may be incorporated in their activity reports.

Resumen ejecutivo

El INEGI, a partir del Mapa Digital de México en Línea, creó y puso a disposición de todos los interesados en el trabajo con datos de tipo geoespacial, la plataforma MxSIG. Dicha plataforma utiliza código abierto u *open source*, software y librerías con las mismas características de código que permite la construcción de un Sistema de Información Geográfica vía Web tan complejo o sencillo como se decida programar. Debido a lo anterior, fue la plataforma elegida para iniciar la estructuración de un SIG vía Web a través del cual, se ofrezca la posibilidad tanto a usuarios al interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), como a la ciudadanía en general, tener una herramienta que, mediante el uso de un navegador web y prácticamente desde cualquier dispositivo con acceso a internet, les permita visualizar y gestionar los datos de la Red Nacional de Caminos así como otra información de interés que se incluya en la plataforma.

El desarrollo del proyecto se realizó en tres etapas. La primera de ellas comprendió las actividades de documentación y búsqueda bibliográfica relacionada con el proyecto principalmente para apoyar las tareas de creación de la estructura de bases de datos vía Web la cual fue utilizada para el almacenamiento de los datos. Durante esta fase también se realizaron las tareas de identificación de los requerimientos informáticos tanto para la instalación del servidor local para desarrollo inicial, la instalación y configuración del software necesario para el desarrollo del proyecto y la posterior configuración del servidor asignado en la infraestructura de servidores del IMT.

En la segunda etapa se realizó la organización y debida preparación de la información geográfica integrada en la Red Nacional de Caminos para ser publicada a través de un servicio Web Map Service (WMS). Así mismo, se realizó la estructuración de la base de datos en el sistema administrador de bases de datos PostgreSQL.

La tercera etapa correspondió a la configuración de la plataforma, así como su personalización para integrar los datos de la RNC. En esta fase también se realizaron las tareas de diseño de los archivos fuente del software servidor de mapas MapServer, así como un trabajo detallado para diseñar los estilos con los que se representa cada una de las capas de datos en el mapa digital. Para lo anterior, se requirió el diseño de imágenes y realizar diversas pruebas de simbología para tematizar los datos geoespaciales de manera que se logró un despliegue armónico de los distintos tipos de datos vectoriales de tipo línea y punto que conforman los datos de la RNC.

Introducción

El desarrollo de este proyecto se dio en el marco de la línea de investigación de Sistemas de Información Geoestadística para el Transporte, establecida en la Unidad de Sistemas de Información Geoespacial del Instituto Mexicano del Transporte. Los resultados obtenidos son de gran utilidad para que los responsables de la toma de decisiones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), cuenten con una herramienta tecnológica que les permita tener acceso a la información, procesos y métodos para administrar y operar con mayor eficiencia la infraestructura carretera. Así mismo, con la realización del presente trabajo se contribuye al cumplimiento del objetivo 6 “Desarrollar integralmente y a largo plazo al sector con la creación y adaptación de tecnología y la generación de capacidades nacionales”, del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes¹, 3.5 “Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación pilares para el progreso económico y social sostenible” y, 4.9 “Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica” del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018².

En la actualidad, la forma como se generan datos geográficos y cómo estos se transforman en información geoespacial es cada vez más rápida. De la misma forma deben realizarse los procesos de acceso, consulta, distribución y análisis para que de esa manera se logre el propósito inicial de aplicación y aprovechamiento por el usuario final.

Un Sistema de Información Geográfico vía Web es el instrumento mediante el cual se da la integración y el acceso de los datos geoespaciales a los usuarios finales. Las ventajas de emplear este tipo de herramientas, respecto a otros sistemas tradicionales, se sustentan en la posibilidad de acceder a él desde cualquier plataforma o sistema tanto para la edición como para la consulta de los datos disponibles. La utilización de un modelo de integración SIG - base de datos objeto-relacional posibilita un almacenamiento bien estructurado, añadiendo

¹ <http://www.gob.mx/sct/documentos/programa-sectorial-de-comunicaciones-y-transportes-2016?idiom=es>

² <http://pnd.gob.mx/>

funcionalidades de análisis espacial, a la vez que posibilita trabajar con el concepto de dimensión espacial de los objetos almacenados.

La arquitectura física sobre la que se sustenta el SIG Web propuesto, en concreto, la plataforma MxSIG, es un servidor basado en Windows, un servidor web basado en Apache, MapServer como servidor de mapas geoespaciales, Java y JavaScript para el desarrollo de clientes e interfaces. Se emplea PostgreSQL con la extensión espacial. PostGIS como gestor de bases de datos (DBMS) con capacidades objeto-relacionales que posibilitan la integración de características espaciales en la base de datos relacional. Como producto final se obtiene un portal web de acceso a la información geoespacial integrada en la Red Nacional de Caminos (RNC) para visualización y digitalización básica de otros elementos de interés para el usuario.

Un SIG Web da solución tanto a las necesidades de los usuarios que manejan la información obtenida en campo, así como la ya disponible en diversas fuentes externas y permite el acceso, para la consulta de la información, desde cualquier punto a través del internet, tanto para la visualización, introducción, edición, extracción como el análisis de los datos. Por otro lado, el sistema ofrece la posibilidad de poder manejar la información y analizarla con herramientas específicas sin necesidad de disponer de ellas como un software instalado en los equipos, de tal forma que ahorra tiempo no solo en la gestión de los datos, sino también en la gestión de toda la red. Un beneficio de esta situación es que de este modo el usuario ya no tiene que disponer de sistemas operativos y aplicaciones de software específicos en sus equipos; por ello, no tiene que entretenerse en complicadas instalaciones que, en muchos casos, son necesarias para el manejo de este tipo de aplicaciones y datos, al mismo tiempo que representa un mejor aprovechamiento de los recursos económicos al no tener que desembolsar enormes cantidades de dinero en licenciamiento. El sistema es, pues, el encargado de gestionar los datos y aplicaciones de manera centralizada, mientras que el usuario tan solo debe preocuparse por el aprendizaje y adopción de estas interfaces y herramientas y el uso de los datos almacenados.

1 Marco conceptual de referencia

1.1 La Red Nacional de Caminos

La Red Nacional de Caminos (RNC), resultado de un esfuerzo interinstitucional SCT-IMT y el INEGI, es la representación cartográfica digital y georreferenciada de la infraestructura vial del país con alta precisión y escala de gran detalle; modelada y estructurada con el fin de facilitar el cálculo de rutas; está conformada bajo estándares internacionales y el riguroso marco normativo aplicable del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. La RNC integra el total de la red pavimentada y parte importante de los caminos no pavimentados de México, las vialidades de las localidades urbanas y rurales con las que se conectan, vías fluviales y marítimas donde se transbordan vehículos y, adicionalmente, servicios de interconexión de transporte como aeropuertos, puertos, estaciones de ferrocarril, aduanas, puentes y túneles, sitios de esparcimiento y recreativos, sitios de interés para el turismo, entre otros.

El objetivo principal de la RNC es proporcionar a las Unidades del Estado y a la ciudadanía una red única de transporte terrestre que integra las carreteras, vialidades y caminos del país, modelada y estructurada con el fin de facilitar el cálculo de rutas, manteniendo la conectividad con servicios de interconexión de transporte como aeropuertos, puertos, estaciones de ferrocarril, entre otros.



Figura 1.1 Propósito de la RNC

Para realizar la integración de la RNC se han empleado diversos insumos, tales como:

1. Planos Estatales de Carreteras DGST-SCT 2010
2. Atlas de Carreteras SCT 2008 y 2012
3. Mapas estatales de Gobiernos de los Estados
4. Datos Vectoriales de carreteras INIT 2008
5. Datos Topográficos 1:50000 INEGI: Carreteras, brechas, calles, puentes, túneles
6. Base Cartográfica Única 2010 INEGI: Ejes de calle
7. Marco Geoestadístico 5-2010
8. Fotografía aérea 1:20 000 1.5m (diferentes temporalidades)
9. Imágenes de satélite SPOT 2008-2009 2.5m
10. Imágenes de satélite SPOT 2010-2011 2.5 m
11. Imágenes de satélite de alta resolución Geoeye 50 cm

El 28 de agosto de 2014 se aprobó la iniciativa para que la RNC sea considerado IIN en los siguientes Comités Técnicos Especializados:

- Información de la Infraestructura del Sector Transportes
- Información Geográfica Básica

El 5 de septiembre de 2014 se aprobó la iniciativa en el Comité Ejecutivo del Subsistema Nacional de Información Geográfica y del Medio Ambiente.

El 23 de septiembre de 2014 también se aprobó la iniciativa en el Comité Ejecutivo del Subsistema Nacional de Información Económica.

El día 6 de octubre de 2014 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Acuerdo por el que se determina Información de Interés Nacional la Red Nacional de Caminos.

1.2 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

En un Sistema de Información Geográfica (SIG) es posible realizar las siguientes operaciones: lectura, edición, almacenamiento y, en términos generales, gestión de datos espaciales. Así mismo, un SIG permite el análisis de dichos datos geoespaciales, lo cual puede incluir desde consultas sencillas hasta la elaboración

de complejos modelos y puede llevarse a cabo desde la componente espacial de los datos (la localización de cada valor o elemento), como del componente temático (el valor o el elemento en sí). Los productos que se obtienen de los procesos que se realizan en un SIG son principalmente mapas, pero también, la generación de resultados tales como informes, gráficos, inclusive, nuevos datos geoespaciales.

Una definición clásica de lo que es un SIG, destaca que es un desarrollo que permite “analizar, presentar e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre”. (Tomlin, 1990). En otras palabras, un SIG es un conjunto de software y hardware diseñado específicamente para la adquisición, mantenimiento y uso de datos cartográficos.

Otras definiciones tradicionales describen a un SIG como un conjunto de hardware, software, datos, personas y procedimientos, organizados para capturar, almacenar, actualizar, manejar, analizar y desplegar eficientemente rasgos de información referenciados geográficamente.

Una definición más actual y puntual, señala que es un sistema que, por medio de computadoras y datos geográficos, ayuda a tener un mejor entendimiento del mundo en que se vive y a resolver los problemas que se afrontan diariamente (Backhoff, 2005).

Los elementos principales que integran un SIG son:

- ✓ *Datos.* Los datos son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, y los que contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG. Entre los principales tipos de datos se encuentran los de estructura vectorial (punto, línea, polígono) y estructura raster (ej. imágenes de satélite)
- ✓ *Métodos.* Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos, los cuales pueden ser desde simples consultas y mediciones hasta modelos más elaborados.
- ✓ *Programa de cómputo o software.* Es necesaria una aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implementar los métodos anteriores. Actualmente se pueden distinguir tres grupos principales de software para SIG: herramientas de escritorio, bases de datos y herramientas web (cliente – servidor). Entre los principales programas de software comercial de escritorio se encuentra ArcGIS desarrollado por la empresa ESRI, misma que cuenta con una amplia gama de aplicaciones para SIG tanto para escritorio como para aprovechar todas las ventajas que representa el trabajo a través de la Web.

Gracias al crecimiento en el uso de la tecnología SIG cada vez se amplían las opciones para los usuarios en cuanto a disponibilidad y acceso a este tipo de software. Desarrollos *opensource* como Quantum GIS, gvSIG y Grass representan una opción en esta área de conocimiento ya que el usuario puede acceder a ellos prácticamente sin ningún costo y la funcionalidad que ofrecen es similar al software de tipo comercial.

- ✓ *Equipo de cómputo o hardware.* El equipo necesario para ejecutar el software.
- ✓ *Personas.* Son las encargadas de utilizar el software y de diseñar a partir de él, procesos de trabajo específicos (aplicaciones). Son el motor del sistema SIG.

1.3 SIG Web

Actualmente, en el campo de los Sistemas de Información Geográfica, Internet es una de las herramientas tecnológicas que permite utilizar los datos de manera más eficiente al facilitar el acceso a un gran número de aplicaciones que proporcionan el acceso a datos almacenados en distintos servidores remotos en donde, de acuerdo con el tipo de organización, pueden ser clasificados y presentados al usuario para distintos fines. A estos sistemas y aplicaciones se les ha dado el nombre de SIG Web, en los cuales se integran todos los datos geoespaciales de interés para la organización, mismos que pueden provenir de las más diversas fuentes y formatos lo cual representa una de las principales ventajas de un SIG Web al lograr estandarizar la información en un ambiente centralizado que facilita el acceso y satisface el requerimiento del usuario final.

En un SIG Web, la información es depositada en una base de datos geoespacial corporativa que estará accesible directamente a lo largo que toda la organización. El acceso a los datos almacenados se realiza mediante las herramientas de software adecuadas, tales como software SIG de escritorio o mediante otros tipos de software traductores o transformadores de formatos por medio de los cuales se pueda trabajar la información en sistemas que no resulten compatibles y, al final del proceso, integran nuevamente los resultados a la base de datos

En lo que se refiere a la tecnología empleada para integrar un SIG Web existen cada vez un mayor número de herramientas de software comercial y soluciones basadas en software *open source*. Resulta de particular interés enumerar los aspectos en los cuales utilizar software *open source* beneficia a la organización cuando se implementa un SIG Web. El primero de ellos es la confiabilidad que, en desarrollo de software, implica la ausencia de defectos que causan la incorrecta operación, pérdida de información o fallos repentinos y generalmente se conocen como bugs. Gracias a que el mantenimiento del software *open source* lo realizan grupos de desarrollo en trabajo permanente, cuando se presenta algún problema, la identificación y resolución se lleva a cabo en cuestión de horas. En aspectos de estabilidad, los desarrollos *open source* tienden a cumplir muy estrechamente los estándares aceptados, lo cual implica cambios de forma lenta y poco drástica. Dentro de los beneficios más notables se encuentra el posible precio de compra igual a cero además de que no existe la necesidad de pago por copias o licencias de uso lo cual reduce el costo administrativo.

Un SIG Web ofrece varias herramientas y métodos para poder visualizar, disponer y manejar los datos, mismos que pueden ser brindados a través de servicios Web geoespaciales y otros estándares que serán descritos en la siguiente sección.

1.3.1 Servicios Web Geoespaciales

Para la publicación de información vía Web, sobre todo para la de tipo geoespacial, los estándares son necesarios para crear una especificación única, de manera que el intercambio de los datos entre el cliente y el servidor sean útiles para los usuarios. Hoy en día existen tres organizaciones que promueven estándares para el área de la información geográfica, este grupo está compuesto por: ISO (*International Organization for Standardization*), OGC (*Open Geospatial Consortium*) y W3C (*World Wide Web Consortium*). La organización OGC ha desarrollado e implementado algunos de los estándares más destacados en el contexto geoespacial. A continuación, se describen los servicios Web estandarizados más comunes y utilizados:

WMS (Web Map Service)

El servicio WMS es un estándar de visualización que describe los componentes esenciales para el servicio de mapas. Este servicio despliega la información geográfica con imágenes la cual únicamente contiene las propiedades visuales que el usuario puede representar gráficamente. Por lo tanto, un WMS muestra una imagen estilizada con elementos de diseño: color, etiquetas o símbolos entre otros componentes visuales.

WCS (Web Coverage Service)

WCS es un estándar que sirve para obtener y representar la información geográfica. El WCS accede a datos raster en forma de entidades a través de un servidor; interactúa con coberturas que vienen siendo cambios en el espacio, es decir, un modelo de campo. Una cobertura puede ser simbolizada de diversas formas: raster, capas, redes de triángulos irregulares e, incluso, funciones matemáticas.

WFS (Web Feature Service)

WFS trabaja con datos de tipo vector en donde por medio del servicio se asignan entidades de los datos vectoriales con la geometría y datos alfanuméricos adjuntos. Básicamente, un WFS actúa de manera tal como ingresar a una base de datos o a una capa vectorial.

Las principales funciones que se pueden implementar cuando se hace uso de un servicio WFS son:

- Crear una entidad nueva.
- Eliminar una entidad.

- Actualizar una entidad
- Consultar un conjunto de entidades

WPS (*Web Processing Service*)

WPS se centra en la creación de servicios de procesos remotos a los cuales acceden los usuarios. EL servicio WPS permite a los usuarios, por medio de una interfaz gráfica, transmitir los procesos que son consultados posteriormente; los procesos son aquellos que permiten realizar operaciones como cálculos, algoritmos sobre datos georreferenciados. Un proceso puede operar varios tipos de datos como raster y vectorial de acuerdo con el análisis geográfico.

GML (*Geography Markup Language*)

GML fue desarrollado para guardar información geográfica a través del lenguaje XML cuya principal función de lenguaje es el intercambio eficiente de información geográfica por lo que es un fichero de tipo texto. El servicio GML, por medio de una red emite información, asimismo, es un lenguaje bastante global y flexible que recolecta archivos vectoriales y raster sin una geometría.

1.3.2 Servidores de mapas vía Web

Un servidor de mapas es aquel que permite que datos de tipo raster y vectoriales sean renderizados por medio de diferentes estilos visuales y proyecciones de cartografía siguiendo las especificaciones del estándar WMS. Un WMS es una norma que permite la representación de cartografía en la web a través de coordenadas geográficas por medio de estándares de vectores de tipo PNG, GIF, JPEG, de este modo simplifica la creación de mapas con base en la obtención de datos de diferentes recursos. A continuación, se listan los servidores de mapas y herramientas más usuales y sus principales características, agrupados por su clasificación del tipo de desarrollador, si son de código libre u *open source* o código cerrado o comerciales.

De Código Libre:

a) *MapServer*

MapServer es un software *open source* (código abierto) multiplataforma que se puede ejecutar en diferentes sistemas operativos: Windows, Linux, Mac OS, etc. *MapServer* proporciona la elaboración de mapas dinámicos en la web el cual soporta tipos de datos raster y vectoriales que proporcionan bastantes formatos de salida; se puede personalizar por medio de plantillas, asimismo, se puede integrar con diferentes lenguajes de programación comúnmente usados actualmente tales como Java, Ruby, Python, .NET, PHP y Perl.

b) *GeoServer*

El servidor Web *GeoServer*, al igual que *MapServer*, soporta diversos tipos de datos para la creación de mapas. *GeoServer* se puede integrar con las aplicaciones de GIS desktop u otras librerías como *OpenLayers*. *GeoServer* trabaja con los servicios WFS y WCS, además constituye un importante elemento de la Web Geoespacial por su eficiencia y alto rendimiento.

c) *QGIS Server*

Otra de las mejores aplicaciones GIS de código libre es sin lugar a duda *QGIS Server*, este servidor de mapas web trabaja en conjunto con aplicaciones de escritorio QGIS por lo que mapas de escritorio pueden migrarse a mapas web y ser representados de forma idéntica.

d) *OpenLayers*

OpenLayers es un cliente ligero que es independiente del servidor de mapas, su fácil manejo y su tolerancia a acentos, cache y el acceso a *Google maps* entre otros, hace de esta librería una de las más recurridas y difundidas por la comunidad. *OpenLayers* brinda una interfaz resumida al usuario que trabaja con los servicios WMS y WFS de forma clara entre desarrollador - cliente.

e) *Mapbender*

Mapbender difunde un ambiente de portales geográficos; ofrece acceso a servicios de sistemas de datos espaciales para el registro, navegación, control y visualización.

f) *Leaflet*

Leaflet tiene como finalidad simplificar la productividad y uso de una mejor manera, integrándose con los lenguajes HTML5 y CSS3 en un entorno de escritorio o móvil.

g) *GeoTools*

La librería *GeoTools* gestiona información geoespacial, aplicaciones SIG son desarrolladas mediante el acceso a los datos que brinda la herramienta *GeoTools* ya sean de escritorio o servidores.

Comerciales:

a) *ArcGIS Online*

ArcGIS Online, propiedad de ESRI, es un servicio basado en la nube, a través del cual, datos geográficos, aplicaciones y mapas son creados y distribuidos para colaborar en línea. Cabe agregar que las herramientas de *ArcGIS Online* proporcionan funciones básicas de edición y análisis de información geográfica para mapeo, mientras que otras funcionalidades más avanzadas sirven para la

geolocalización y geo codificación que mejoran considerablemente el contenido del mapa.

b) *QGIS Cloud*

QGIS Cloud es un complemento de la aplicación *QGIS* de escritorio más que un servicio Cloud el cual brinda espacio de almacenamiento a las bases de datos geoespaciales.

c) *CARTO*

Las principales cualidades de la plataforma *CARTO* es la representación de la información y la capacidad de localización, la cual realiza análisis complejos de una manera simple. Con esta herramienta se pueden elaborar y compartir mapas originales. *CARTO* trabaja *PostGIS* y con el gestor de base de datos *PostgreSQL* el cual simplifica la información mediante tablas de datos estructuradas.

d) *Mapbox*

Esta plataforma de código abierto está dirigida a desarrolladores que diseñan mapas con datos vectoriales con estilos asombrosos de acuerdo con las especificaciones de los usuarios, para después compartirlos y visualizarlos en diferentes plataformas como aplicaciones móviles, sitios web y otras herramientas de mapeo, así como *ArcGIS*, *QGIS*, entre otros. *Mapbox* cuenta con diversas APIs y SDKs de desarrollo: JavaScript SDK, *Mapbox* Android SDK, Python SDK entre muchas otros de los lenguajes de programación más actuales.

e) *Degree*

Degree es una plataforma SIG híbrida que brinda características avanzadas para crear mapas. *Degree* está integrada por APIs del lenguaje Java.

Dentro de las herramientas que permiten la integración de un SIG vía Web se encuentran los manejadores de bases de datos, se resalta la funcionalidad de *PostgreSQL* como el que proporciona mayor interoperabilidad tanto para servidores de mapas *open source* como de fuente cerrada. *PostgreSQL* es un sistema gestor de bases de datos de código abierto. Es un sistema multiplataforma que es soportado en sistemas operativos Linux, Windows, Mac OS, etc. *PostgreSQL* es un sistema estable y escalable ya que está enfocado a desarrolladores que trabajan con entornos extensos, el gestor de *PostgreSQL* está diseñado para trabajar con transacciones, herencia entre tablas y vistas.

PostGIS es una plataforma de código abierto que trabaja en conjunto con el gestor de bases de datos *PostgreSQL*; es decir, que *PostGIS* le brinda a *PostgreSQL* la capacidad de gestionar datos espaciales para SIG y cartografía al igual que *Oracle Spatial* con la base de datos de Oracle. *PostGIS* es reconocido por su adaptación a

estándares, su rapidez y estabilidad por lo que la convierte en una de las bases de datos de tipo espacial más recurrida por los usuarios.

1.3.3 Lenguajes de diseño y desarrollo para SIG Web

A continuación, se realiza una breve descripción de los principales lenguajes de desarrollo y programación que se utilizan en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica vía Web tanto para realizar la presentación y diseño de la interfaz de usuario, como para la codificación de funcionalidades específicas y de interacción entre el usuario final y el sistema.

a) **HTML** (*HyperText Markup Lenguaje*). El Lenguaje de Marcado de Hipertexto es el lenguaje esencial para el desarrollo de sitios web. HTML es un lenguaje que despliega el diseño visual de una aplicación, pero no realiza función alguna. HTML se complementa con los lenguajes CSS y JavaScript. La herramienta CSS que sirve para dar diseño y estilizar componentes del HTML mientras que JavaScript implementa funciones más avanzadas.

b) **CSS** (*Cascading Style Sheets*). La hoja de estilos en cascada es una herramienta que permite cambiar el diseño de cualquier archivo una vez que se visualiza en la interfaz gráfica del sitio o aplicación web, a través de CSS se pueden establecer parámetros de diseño como lo son los colores, el tipo de letra, márgenes, alineación entre muchas características más. CSS definitivamente es una tecnología que ayuda a crear aplicaciones más uniformes, además de poder modificar fácilmente su contenido e integrarse adecuadamente con HTML.

c) **JavaScript**. El lenguaje de programación *JavaScript* al igual que CSS se integra con HTML, pero a diferencia de CSS que da estilo al contenido dentro de HTML, *JavaScript* da funcionalidad a una página estática. *JavaScript* utiliza múltiples APIs que realizan diversas funciones predeterminadas, asimismo, contiene librerías que brindan otras funcionalidades.

d) **PHP** (*Hypertext Preprocesor*). El lenguaje PHP (Pre procesador de hipertexto) es un lenguaje de programación que, a comparación de HTML y CSS que solo realizan funciones de etiquetado y diseño de estilos, es un lenguaje orientado a objetos donde se crean clases que contiene métodos y estos realizan acciones dentro de un programa. PHP es considerado un lenguaje enfocado a la programación web como lo son HTML, CSS y *JavaScript*, hoy en día muchas aplicaciones están hechas en PHP, además de que es libre y puede ejecutarse en diferentes sistemas operativos.

e) **Java**. Java es quizás el lenguaje de programación más importante hoy en día ya que la mayoría de las aplicaciones están desarrolladas en este lenguaje. *Java* es un lenguaje orientado a objetos, desarrollado en 1995 por Sun Microsystems - que hoy es Oracle- y que está basado en otro lenguaje de programación que es C. *Java* tiene su propia plataforma en la cual, gracias a ésta, se pueden ejecutar otras aplicaciones; provee herramientas para el desarrollo de aplicaciones, por ejemplo, la máquina virtual de Java (JVM), un compilador y las APIs (JDK).

f) Python. Es otro lenguaje de programación orientado a objetos que, a diferencia de otros lenguajes como C o Java, es interpretado en tiempo de ejecución entre otras características como su flexibilidad e imperatividad. Otra de las ventajas de Python es que es multiplataforma por lo que puede ejecutarse tanto en Linux, Windows, etc. Sin embargo, una de sus desventajas es que no es tan rápido en su ejecución, a diferencia de los otros lenguajes debido a que es un lenguaje interpretado.

g) Ruby. Es un lenguaje de programación orientado a objetos que, al igual que Ruby, se interpreta en tiempo de ejecución, la sintaxis de los lenguajes Perl y Python ha influido a la sintaxis de Ruby por lo que es parecida a la de estos lenguajes, su desarrollador ha mencionado que Ruby ha sido creado con la intención de ser un lenguaje productivo y divertido que proporcione interfaz agradable al usuario. Ruby es un lenguaje de programación moderno que proporciona una gran productividad para el desarrollo de aplicaciones web.

h) SQL (*Structured Query Language*). SQL (Lenguaje de Consultas Estructuradas) es un lenguaje de programación exclusivo para la interacción con las bases de datos, SQL permite obtener información a través de consultas, el estándar SQL se basa en comandos donde la información en forma de datos puede ser insertada, modificada y eliminada.

1.3.4 Formatos para intercambio de datos geoespaciales

Un modelo geográfico representa un concepto del espacio geográfico y sus características, un ejemplo de una capa de información puede ser la altitud de una zona en particular que puede ser representada de diversas formas, curvas de nivel, mallas de celdas, puntos regulares y red de triángulos no regulares; por otro lado, una capa que representa información de una red vial posee otros atributos tales como un grupo de líneas o también una malla. Un modelo geográfico tiene distintas formas de representación las cuales se categorizan en dos modelos distintos: raster y vectorial que son las dos formas de representación geográfica en función del enfoque de un Sistema de Información Geográfica en cuanto al manejo y análisis de información.

El modelo raster estudia una zona en particular que se divide en varias unidades iguales, estas pequeñas unidades son llamadas celdas y cada celda abstrae datos de información. Este modelo consiste en un patrón sistemático de posicionamiento de las celdas que cubren todo un espacio. Una celda puede adoptar diferentes formas geométricas, sin embargo, la forma cuadrada es la usada normalmente ya que un SIG convencional solo soporta esta forma; de igual manera sucede con las celdas de diferente tamaño ya que su aplicación en los sistemas de información geográfica es mínima. Una capa raster está integrada por dos componentes necesarios, el primer elemento es la ubicación geográfica precisa de una celda y con base en la distancia entre las celdas es posible saber las coordenadas geográficas de las demás celdas de la malla, el segundo elemento es el grupo de valores de las celdas.

El modelo vectorial está representado por entidades geométricas a diferencia del raster; el modelo vectorial no se divide en celdas de unidades iguales, si no que se diseña el espacio geográfico mediante elementos espaciales que son: punto, línea y polígono. Una forma geométrica se determina a través de puntos incluso una línea que es una unión de muchos puntos y los polígonos son líneas que cierran por lo que cualquier componente del espacio geográfico queda establecido.

Dentro de los formatos que posibilitan el intercambio de datos geoespaciales, tanto vectoriales como raster, se encuentran el estándar *shapefile*, XML (*Extensible Markup Language*) y JSON (Java Script Object Notation), que a continuación se describen brevemente:

- a) El archivo shapefile es un formato que almacena la ubicación de los datos geográficos ya sean de tipo punto, línea o polígono. Este formato vectorial se integra de tres archivos diferentes los cuales permiten representar los datos geográficos (.shp, .shx, .dbf) por lo cual es de suma importancia su aplicación con un SIG
- b) XML (Lenguaje de Marcas Extensible) es un lenguaje de codificación de información y que dicha información sea comprendida por la computadora y el usuario. A través del estándar XML se puede transmitir y compartir información entre aplicaciones de diferentes plataformas, los servicios web usan XML para transmitir información. Una de las características que resalta en XML es su soporte universal de idiomas lo que significa que se puede codificar en cualquier idioma del mundo.
- c) JSON (Notación de Objetos JavaScript) es un formato el cual utiliza el lenguaje de JavaScript para desplegar datos estructurados al igual que XML el estándar JSON también intercambia información entre aplicaciones web y tiene su extensión propia extensión (json). JSON es descrito como una cadena donde se pueden representar tipos de datos numéricos, cadenas, booleanos, entre otros.

1.4 La plataforma MxSIG

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), como parte de sus funciones y atribuciones genera datos geográficos, así como productos que permiten a los usuarios consultar información estadística sobre una base geográfica; anteriormente estos se distribuían en disquetes o discos compactos. Después se construyeron mapas dinámicos en la web, estos solamente permitían la visualización y navegación sencilla a través de los datos. Así se creó el Mapa

Digital de México en línea³ y a partir de este se generó una plataforma llamada MxSIG que utiliza código abierto y permite la construcción y desarrollo de un Sistema de Información Geográfica tan complejo o sencillo como el desarrollador lo programe. El INEGI ha permitido el acceso al código fuente y de este modo es posible que diversas instituciones y usuarios puedan generar sus propias soluciones que facilitaran la interpretación, publicación y análisis de información geográfica y geoestadística.

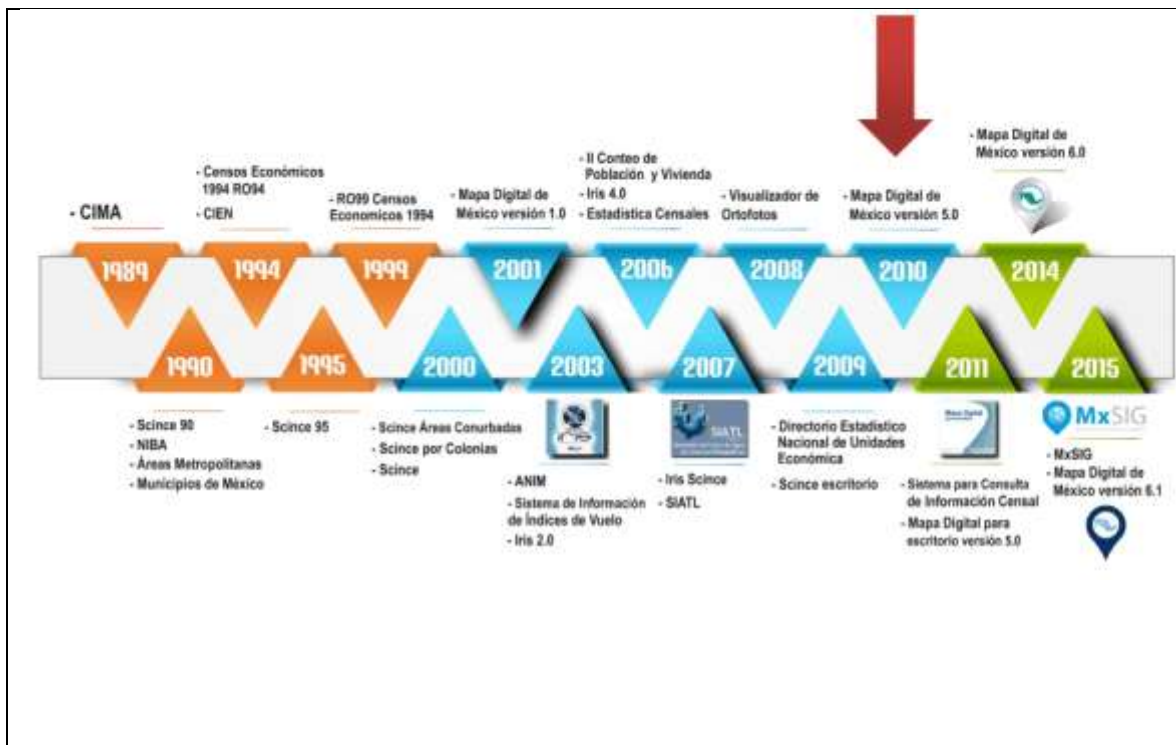


Figura 1.2 Origen de la plataforma MxSIG (INEGI 2016)

MxSIG permite el desarrollo de diferentes tipos de proyectos y aplicaciones con información georreferenciada, desde un simple visualizador de mapas con una o dos capas de información hasta un complejo sistema de Información Geográfica con cientos de capas de datos que pueden integrar millones de objetos geoespaciales.

Como plataforma, MxSIG integra robustos componentes de software opensource tales como *MapServer*, *GeoWebCache*, bases de datos PostgreSQL y PostGIS. Promueve y tiene soporte para estándares del OGC que permiten interoperabilidad geoespacial.

³ <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital/>



Figura 1.3 Componentes de software que integran la plataforma MxSIG.

2 Configuración e implementación de MxSIG

2.1 Identificación de requerimientos

En esta sección se muestran los requisitos fundamentales para el desarrollo de la plataforma MxSIG. Se listan en la tabla 2.1 donde se describen de forma breve. Los requerimientos se dividen en funcionales y no funcionales de acuerdo con su comportamiento específico dentro de la plataforma Web. Los requerimientos funcionales son aquellos que son necesarios para la correcta ejecución de la plataforma; por otra parte, los no funcionales son aquellos que, si bien forman parte del proyecto, no son vitales para su óptimo funcionamiento, asimismo muestra la prioridad del requerimiento que representa la importancia del mismo.

Tabla 2.1 Requerimientos funcionales y no funcionales.

N°	Requerimiento	Funcional	No Funcional	Prioridad
R1	Instalación de software y ejecución de servicios Web (PostgreSQL, ArcGIS, Java, Apache Tomcat, Apache MS4W, PostGIS)	✓		Alta
R2	Configuración de archivos js, map dentro de la carpeta 'ms4w'	✓		Alta
R3	Conexión a la base de datos	✓		Media
R4	Re proyección de capas vectoriales	✓		Media
R5	Diseño de ventana modal del mapa digital.		✓	Media
R6	Despliegue de capas vectoriales en la interfaz gráfica del mapa digital.	✓		Alta

R7	Estilos de capas de vectoriales (simbología, imágenes y colores)		✓	Media
R8	Despliegue de etiquetas de texto de las capas vectoriales		✓	Media
R9	Edición de menú de capas vectoriales.		✓	Baja
R10	Documentación de las funciones dentro de los archivos.		✓	Baja

Fuente: Elaboración propia

2.2 Instalación y configuración del software que forma parte de la plataforma MxSIG

Después de la identificación de los requisitos funcionales y no funcionales del proyecto, utilizando la guía de instalación de la plataforma MxSIG, se dio paso a la instalación y configuración de software, servicios web y otras utilerías. Asimismo, la configuración de los archivos MxSIG, plataforma que es distribuida de forma gratuita por INEGI tanto para sistemas Linux como Windows. Para el desarrollo del presente proyecto, se utilizó la versión para Windows misma que se obtuvo en una carpeta de archivos denominada MDMv6. Además del software incluido en MxSIG, se requirió del empleo de otros programas para el manejo de información geográfica, los cuales se listan en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Software y herramientas utilizadas

Software y utilerías	Servidores Web
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plataforma MxSIG <ul style="list-style-type: none"> ○ MapServer ○ PostgreSQL ○ PostGIS ○ JRE ▪ QGIS ▪ ArcGIS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apache MS4W Web Server ▪ Apache Tomcat

Fuente: Elaboración propia.

a) Instalación de la base de datos PostgreSQL

El procedimiento de la instalación de PostgreSQL consistió en la configuración de la ruta de instalación del programa para lo cual se eligió la ruta por defecto en los archivos de programa. Se realizó la configuración de un usuario y contraseña de acceso, así como la indicación del puerto de comunicación por medio del cual el software dará respuesta a las peticiones de datos, el cual debe ser 5433.

Se realizó la configuración de algunas características principales del software, mismas que permiten la conexión al sistema de base de datos de manera remota.

Una vez finalizada la instalación y configuración de PostgreSQL, y de acuerdo con la guía de instalación se agregaron en la carpeta correspondiente los diccionarios de búsqueda documental, los cuales sirven para reconocer el idioma español. Los archivos que se proporcionan en MxSIG son los siguientes:

- ✚ espa_nol3.affix
- ✚ espa_nol3.dic
- ✚ sinonimosacento.syn
- ✚ thesaurus2.ths
- ✚ espanol2.dict

b) Instalación de PostGIS

Durante la instalación de PostGIS se especificó instalar el componente “base de datos espacial” y se especificó la ruta de instalación de PostGIS, para lo anterior se eligió la ruta por defecto.

Se estableció la conexión a la base de datos con los mismos parámetros ingresados anteriormente en PostgreSQL es decir nombre de usuario, contraseña y el puerto. Al término de la instalación se concedió registrar las variables de entorno GDAL_DATA y “POSTGIS_ENABLE_OUTDB_RASTERS” e igualmente para el registro de los “Raster drivers” para los tipos de formato de imagen como PNG, JPEG, GTiff, etc.; y así finalizar creación de la base de datos espacial.

c) Instalación de Apache Web Server y MapServer

Se obtuvo el instalador del servidor de mapas MapServer para Windows, mismo que se obtiene como un paquete de programas y librerías el cual es nombrado como MapServer for Windows (MS4W). MS4W incluye el software servidor de contenido Web, Apache Web Server, el cual se procedió a instalar desde el símbolo del sistema de Windows (cmd) en la ruta “**cd/ms4w**”, se ejecutó el comando “**apache-install.bat**” y se comprobó que se encontrara ejecutando el servicio “Apache MS4W Web Server” para después verificar en el navegador mediante la dirección IP del equipo que se instaló correctamente MapServer.

d) Definición del sistema coordinado EPSG:3857 (900913)

Una vez instalada la aplicación Apache se especificó la representación del sistema de coordenadas y proyecciones que usa el MXSIG, en el archivo “**epsg**” dentro de la ruta:

C:/ms4w/proj/nad

Se agregó al final del archivo “epsg” el siguiente código:

agregado

```
<900913> +proj=merc +a=6378137 +b=6378137 +lat_ts=0.0 +lon_0=0.0  
+x_0=0.0 +y_0=0 +k=1.0 +units=m +nadgrids=@null +no_defs<>
```

e) Instalación de Java JRE

Se ejecutó la utilería JRE que se encuentra en la carpeta “instalación” dentro de la carpeta MDMv6 y se configuraron las variables de entorno JAVA-HOME y PATH en la configuración avanzada del sistema.

Para la variable JAVA-HOME se estableció el valor de la variable **C:\Archivo de programa\Java\jre7** y para la variable PATH se estableció el valor **C:\WINDOWS;C:\WINDOWS\system32;%JAVA_HOME%\bin** después del valor existente seguido de un punto y coma.

f) Instalación de Apache Tomcat

Para el funcionamiento de MxSIG se requiere de la instalación del servidor web Apache Tomcat, se seleccionaron todos los componentes de instalación mientras que, en su configuración, se modificaron los campos **Windows Server Name, Username, Password, Roles**.

Una vez terminada la instalación de Apache Tomcat dentro de los servicios del sistema se cambió el tipo de inicio del servicio de manual a automático; por otro lado, para comprobar la correcta instalación de Apache Tomcat, dentro de la URL del navegador se escribió la dirección <http://localhost:8080> o la dirección del equipo para entrar al administrador de Apache Tomcat.

g) Instalación y configuración del llamado “CORE” de MxSIG

Para la configuración del CORE se estructuraron y ordenaron varias carpetas y archivos para el despliegue del Mapa Digital; primeramente, dentro de la unidad C:/, se creó una carpeta con el nombre **opt**, de igual manera se creó otra carpeta con el nombre **logs** y dentro de ésta se creó otra carpeta llamada **mapserver** y, dentro de esta última, se creó un archivo de texto con el nombre **mdm6.log** la ruta quedó de la siguiente manera:

C:\logs\mapserver\mdm6.log

Nuevamente en raíz de C:/ se creó otra la carpeta nombrada **tmp2** dentro de ésta se creó la carpeta con el nombre **fcgi**. Por último, dentro de ésta se creó otra carpeta llamada **dynamic**, quedando la ruta de la siguiente manera:

C:\tmp2\fcgi\dynamic

h) Conexión, configuración y ordenamiento de la base de datos PostgreSQL-PostGIS

Para la creación de una nueva conexión a la base de datos PostgreSQL se solicitaron las propiedades, nombre de la conexión, IP del servidor, puerto, BD de mantenimiento, usuario, contraseña y grupo, por lo que de esta manera quedó establecida la conexión remota al servidor.

Después, se seleccionó el objeto donde se estableció la conexión a PostgreSQL mostrando un árbol donde aparecen las bases de datos, los espacios de tablas y los grupos y roles y, dentro de roles, se creó uno nuevo en el cual se solicitó una contraseña, su confirmación y se añadieron todos los privilegios del rol para que se esta manera no tenga restricciones el usuario.

Para la creación de la base de datos en el menú del objeto "bases de datos" se dio clic derecho y se eligió la opción nueva base de datos. Dentro de la pestaña de propiedades en la ventana para la creación de la nueva base de datos se dio nombre **mdm6data** a la base de datos y se indicó el usuario propietario. En la pestaña definición se ingresó la codificación UTF-8, se definió el nombre de la plantilla, los espacios de tablas, colación y el tipo de carácter.

i) Restauración de la base de datos mdm6data

MxSIG integra una estructura base de ejemplo para cargar a PostgreSQL. Dicha base de datos de ejemplo se encuentra en formato comprimido, para lo cual, se realiza la descompresión e integración a PostgreSQL mediante un procedimiento de "restablecimiento o *restore*". Para el restablecimiento de la base de datos se seleccionó la opción restaurar para la recuperación de los datos y dentro de la ventana se definió el tipo de formato *custom*, se describió la localización del archivo que se encuentra en el portafolio dentro de la carpeta B y, por último, se cambió el nombre del rol al propietario de la base de datos.

Finalmente, se realizó la revisión de las tablas de muestra, así como la verificación de su correcto restablecimiento mediante el despliegue del árbol de la base de datos mdm6data en el objeto esquemas y dentro de este último contenidas las tablas de datos.

j) Instalación y configuración de los archivos map

Algunos de los archivos base de MxSIG se ubican en la carpeta **map**. El contenido de la carpeta map se ilustra en la figura 2.1. Esta carpeta debe ubicarse dentro de la carpeta **opt**, de manera que la ruta de ubicación queda de la siguiente manera:

C:\opt\map

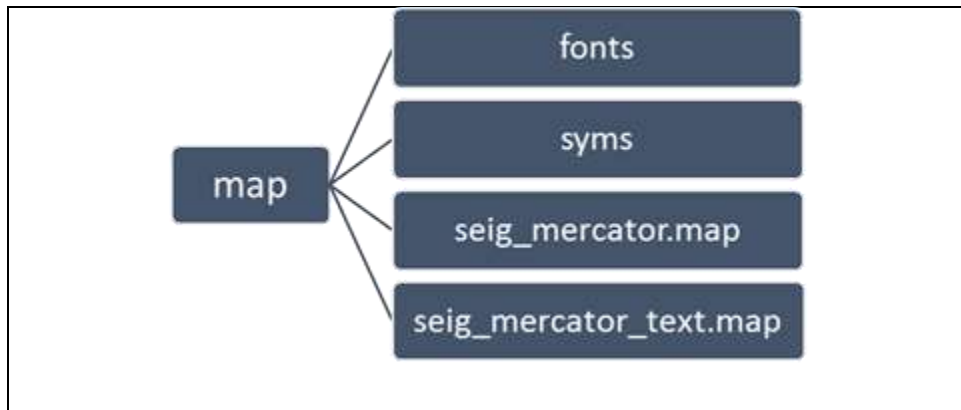


Figura 2.1 Contenido de la carpeta map

k) Configuración de los archivos JS

Se realizó la copia de la carpeta en la que se ubican los principales archivos de configuración de la plataforma, mismos que comprenden archivos desarrollados en el lenguaje Javascript. El nombre de la carpeta es **mxsig** y se ubicó en la ruta **C:/ms4w/Apache/htdocs**

Después se configuraron dos de los archivos js (JavaScript) ubicados en la ruta **C:/ms4w/Apache/htdocs/mxsig/config**

Dentro de los archivos **mapConfig.js** y **dataSourceConfig.js** se configuraron las rutas de ubicación de los archivos “.map” así como la dirección IP del equipo en el que se realizó la instalación.

l) Instalación de los archivos war TableAliasV60 y GeneraKML

Por medio del navegador web se ingresó a la aplicación Apache Tomcat. Una vez dentro de la aplicación de Administrador de Apache Tomcat, en la sección “desplegar” representada por un botón, se ubicó el archivo **TableAliasV60.war** proporcionado dentro del core de MxSIG como aplicaciones compiladas que ofrecen una funcionalidad específica. Después del proceso de despliegue, se lista como una aplicación que será posible utilizar desde MxSIG. El mismo proceso se repitió con el archivo **GeneraKML.war**.

m) Configuración de los archivos XML

Se configuraron los archivos **Servidores.xml** y **AliasData.xml** para la aplicación TableAliasV60 que vienen dentro de la dirección donde se instaló Apache Tomcat; es decir, en la ruta:

C:/Archivos de programa/Apache Software Foundation/Tomcat 7.0_Tomcat-7.0.42/webapps/TableAliasV60/WEB-INF/clases/config

Para el archivo servidores.xml se cambiaron los valores por defecto y se redefinieron la IP del equipo, el puerto, usuario y la contraseña, mientras que para el archivo AliasData.xml solo se verificó que dentro de la etiqueta “nombre del documento” estuviera el nombre correcto.

2.3 Proceso de preparación de los datos de la RNC para su publicación

Como se mencionó en la sección de instalación del software y utilerías, fue necesario realizar una configuración correspondiente a la indicación del sistema coordinado que se requiere para que sea posible el despliegue de capas de datos en MxSIG. Por lo anterior, se requirió realizar un proceso de preparación de los datos integrados en la RNC para que fuera posible su publicación. Este proceso consistió en la re proyección de los archivos en formato shapefile, los cuales de origen se encuentran en el sistema coordinado ITRF2008. También fue necesario convertir los datos de formato shapefile a formato de Postgis para poder ingresarlos en la base de datos creada en PostgreSQL.

a) Re proyección de datos (archivos shapefile)

Para que las capas vectoriales puedan desplegarse en el mapa digital ya sean puntos o líneas, con ayuda del programa ArcCatalog que forma parte de ArcGIS Desktop, se prepararon y re proyectaron todos los archivos shape al sistema coordinado EPSG: 3857 (900913).

b) Creación de esquema en PostgreSQL

Posteriormente, dentro de gestor de base de datos PostgreSQL, en la base de datos mdm6data se creó el esquema con el nombre rnc que almacena los archivos shape re proyectados. En la tabla 2.3 se muestra un listado de las capas que se integraron en el esquema rnc mediante la herramienta Postgis.

Tabla 2.3 Esquema y listado de tablas de datos en PostgreSQL

Nombre del esquema en PostgreSQL	Nombre de las capas vectoriales
rnc	<ul style="list-style-type: none"> • red_vial_rep_xedos • red_federal_900913 • red_vial_estatal_project • red_vial_municipal_project • red_vial_n_a_project1 • red_vial_peaje_project1 • localidad_project

	<ul style="list-style-type: none">• localidad_rural• localidad_urbana
	<ul style="list-style-type: none">• plaza_cobro_project
	<ul style="list-style-type: none">• poste_de_referencia_project
	<ul style="list-style-type: none">• puente_project
	<ul style="list-style-type: none">• estructura_pro• estructura_puente_project• estructura_tunel_project
	<ul style="list-style-type: none">• sitio_de_interes_proyecct_2• sitio_de_interes_infra_trans_Project• sitio_de_interes_relieve_agua_project_2• sitio_de_interes_infra_urban_Project• sitio_de_interes_turisticos_project_1
	<ul style="list-style-type: none">• transbordador_project

Fuente: Elaboración propia.

c) Importación de archivos shape mediante PostGIS

Por medio de la utilidad de PostGIS shp2pgsql-gui se realizó la conexión a la base de datos en el cual se solicitó el usuario, contraseña, IP del servidor, puerto y nombre de la base de datos; se definieron los parámetros de codificación, la tabla destino y el identificador de referencia espacial para cada archivo *shapefile* de la RNC. En la figura 2.2 se muestra parte de la interfaz gráfica de la herramienta PostGIS.

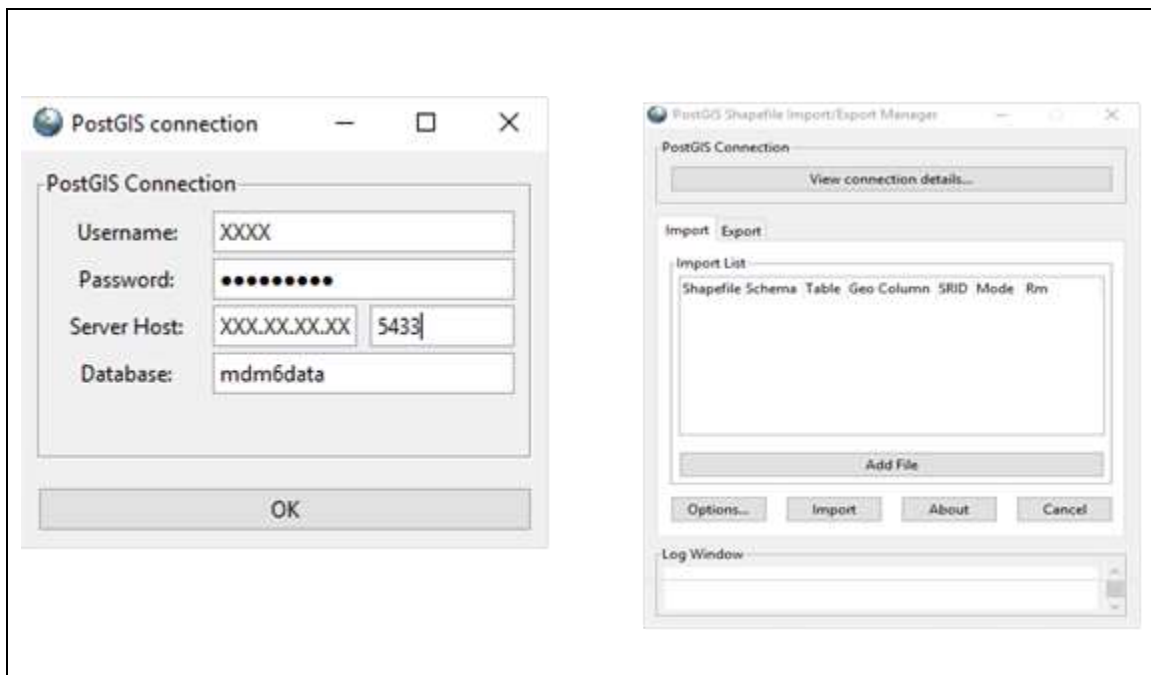


Figura 2.2 Herramientas de PostGIS para integrar datos a PostgreSQL

2.4 Configuración de los archivos base de MapServer

Una vez que se realizó la integración de los archivos *shape* a la base de datos en PostgreSQL, se dio lugar a la configuración de los archivos principales de *MapServer* que se encargarán de desplegar los datos georreferenciados en el mapa digital. Los archivos que se configuraron son **tree.js**, **symbols.sym**, **seig_mercator.map** y **seig_mercator_text.map**.

El archivo `tree.js` se encuentra en la siguiente ruta:

C:/ms4w/Apache/htdocs/mxsig/config

Mientras que los archivos **map seig_mercator.map** y **seig_mercator_text.map** ambos se encuentran ubicados en la ruta **C:/opt/map**.

a) Archivo `tree.js`

El archivo `tree.js` se encuentra dividido en tres secciones, la primera corresponde a los “temas” que son las imágenes que se muestran en la parte inferior del mapa y que dan acceso rápido a capas de datos específicas. La segunda sección contiene las capas base que corresponden a los mapas base sobre los cuales se pueden desplegar las capas de datos. En el esquema mostrado en la figura 2.1 se muestra el orden de las secciones como deben ser configuradas en el archivo `tree.js`.

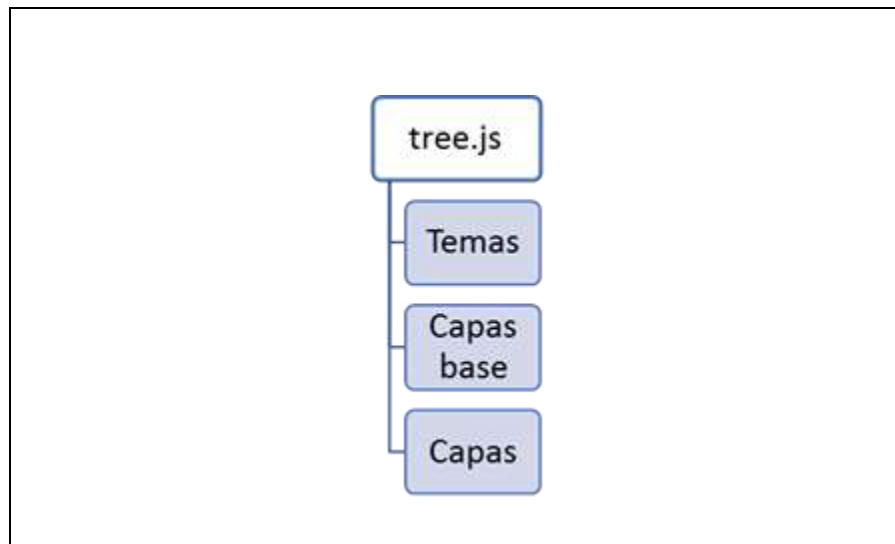


Figura 2.3 Estructura del archivo tree.js

Dentro la sección del grupo de capas del `tree.js` se configuran también la agrupación de capas, así como sus los parámetros para su correcto despliegue.

A cada grupo se le dio el nombre de G1 hasta G8, que es el total de grupos dentro archivo, después se estableció el atributo etiqueta que es el nombre que se muestra

en el menú de capas del mapa digital; por último, se definieron las 21 capas vectoriales con el nombre de c200 hasta la capa c220 respectivamente con sus atributos correspondientes etiqueta, sinónimo, escala, activo, texto y dentro de texto se describieron sus atributos escala y activo.

b) Archivos map seig_mercator.map y seig_mercator_text.map

Los archivos map trabajan en conjunto con el tree.js. El archivo seig_mercator_map, es un tipo de archivo conocido como *mapfile*. Dicho archivo es el encargado de representar gráficamente las capas vectoriales ya sean líneas, puntos e incluso polígonos con diferentes atributos, clases, formatos, estilos, entre otras propiedades que es posible desplegar por medio de *Mapserver*. Mientras que el archivo seig_mercator_text únicamente se encarga de representar los nombres de los objetos referenciados, esto es, mostrar las etiquetas de nombre para cada uno de los elementos desplegados en el mapa. Cabe resaltar que ambos archivos se documentaron para identificar claramente las tareas y funciones de cada archivo. En la figura 2.2 se muestran, por medio de un esquema, las principales secciones que estructuran el archivo *mapfile*.

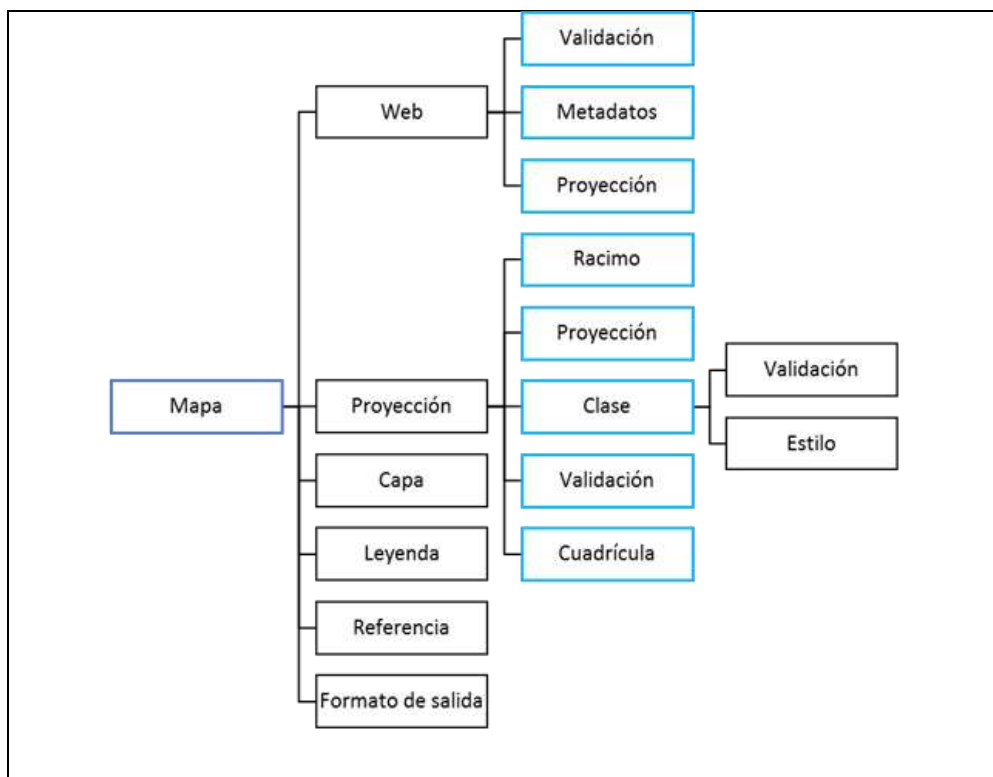


Figura 2.4 Estructura del archivo *mapfile*

c) Configuración de capas en seig_mercator.map y seig_mercator_text.map

En los archivos `seig_mercator_map` y `seig_mercator_text` se configuraron las veintiún capas vectoriales entre ocho grupos de forma estructurada de tal manera que las capas coincidieran con el grupo y nombre que se definió en el archivo `tree.js`; por otro lado, se establecieron los atributos nombre, tipo de vector, tipo de conexión, proyección del sistema geográfico, además de configurar las propiedades de conexión a la base de datos en donde se especificó el nombre de usuario, contraseña, base de datos, IP del equipo y puerto de entrada. Finalmente, se declaró el atributo que hace referencia al esquema y la tabla de datos donde están contenidos los objetos espaciales en PostgreSQL. En la tabla 2.4 se muestra el orden en el que se formaron los grupos y las capas que los integran.

Tabla 2.4 Grupos y capas configuradas en el *mapfile*

Grupo	Capa
Red vial	Red vial Federal Estatal Municipal N/A Cuota
Localidades	Localidades Urbana Rural
Plazas de cobro	Plazas de cobro
Hito Kilométrico	Hito Kilométrico
Puentes	Puentes
Estructuras	Estructuras Puentes Túneles
Sitios de interés	Sitios de interés Transporte Paisaje Urbano Turístico
Transbordadores	Transbordador

Fuente: Elaboración propia.

2.5 Configuración de estilos para tematizar los datos geoespaciales

Una vez desplegadas las capas de datos en el mapa, a éstas se les aplicó un estilo de diseño único, posibilidad que brinda MapServer mediante el uso de una propiedad llamada clase dentro de la definición de una capa vectorial en el archivo *mapfile*. Los estilos se aplicaron tanto a los vectores de tipo línea como punto.

a) Clases y estilos.

Una capa en un *mapfile* está compuesta de atributos básicos y necesarios para el despliegue de la capa como lo son: el nombre de la capa, el tipo de vector, proyección, conexión, etc. Sin embargo, las capas también soportan clases de estilos para los objetos espaciales; es por ello que, dentro de cada capa, se creó una clase que contuviera el estilo apropiado para un diseño visual adecuado cuando se realiza el despliegue de cada capa sobre los mapas base. Dentro del objeto estilo se establecieron los parámetros de color y grosor en el caso de las líneas, mientras que para los objetos de tipo punto, únicamente se determinó el tamaño, ya que se definió un objeto de tipo símbolo el cual recibe desde el archivo llamado *symbols.sym* las características de estilo o imágenes de los vectores espaciales de tipo punto.

b) Archivo *symbols.sym*

El archivo *symbol.sym* ubicado en la ruta **C:/opt/map/syms** es el encargado de enviar los parámetros de estilo al archivo *seig_mercator.map*. Dentro de este archivo se declaran todos los objetos símbolo para cada capa que requiera su propio estilo o imagen, por lo que se definieron las imágenes correspondientes a las capas de tipo punto.

c) Símbolos y estilos dentro del archivo *symbols*

Dentro del archivo *symbols* se definieron varios estilos ya que en el *mapfile* se utilizó el parámetro "classitem" la cual permite implementar varias clases con su propio estilo o símbolo dentro una capa. Para los objetos de tipo punto se utilizaron imágenes que representan la simbología de la red nacional de caminos. El formato de las imágenes es PNG (*Portable Network Graphics*).

d) Representación de los datos vectoriales de tipo punto

Para representar los símbolos de tipo punto sobre los mapas base se usaron imágenes circulares de tipo PNG. También se utilizaron imágenes gráficas de señalamiento vial relacionadas con el tipo de datos desplegados en las capas de puntos. En la figura 2.6 se muestra parte de la simbología que se utilizó para el despliegue de capas de datos de tipo punto.



Figura 2.6 Parte de la simbología utilizada para las capas vectoriales de tipo punto

e) Representación de los datos vectoriales de tipo línea

Para las capas de tipo línea, geometría con la que se representan las carreteras y vialidades del país, se estableció un ancho de línea y un color determinado en formato hexadecimal para lograr simbolizar la red de acuerdo con su clasificación por el tipo de administración: federal, estatal, municipal, etc. También se determinó un color para las carreteras con peaje o cuota y para los registros de transbordador. En la figura 2.7 se puede observar parte de la simbología configurada para las capas de datos de tipo línea.

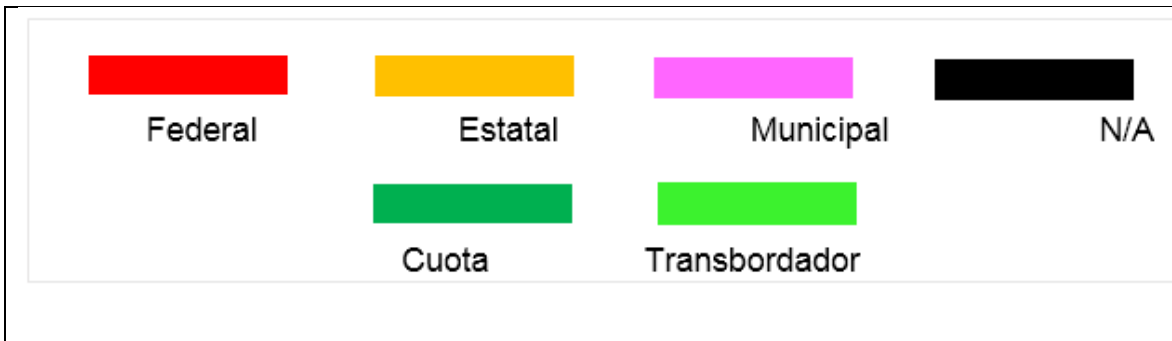


Figura 2.7 Colores utilizados para la simbología de las capas de carreteras.

A continuación, se muestra una serie de figuras en las que se ejemplifica la simbología para las distintas capas de datos de la red vial así como de los elementos integrados en la RNC tales como estructuras, plazas de cobro, marcas de km, etc.

El mapa base utilizado para la elaboración de las figuras fue el de imágenes de satélite de Bing.



Figura 2.8 Visualización de la capa de carreteras federales.



Figura 2.9 Visualización de la capa de carreteras estatales.



Figura 2.10 Visualización de la capa de localidades.



Figura 2.11 Visualización de la capa de plazas de cobro.



Figura 2.12 Visualización de marcas de kilometraje o hito kilométrico.



Figura 2.13 Visualización de la capa de datos de estructuras.



Figura 2.14 Visualización de la capa de sitios de interés.



Figura 2.15 Visualización de los registros de transbordadores.

3 Resultados y productos obtenidos

A continuación, se describen los principales resultados obtenidos, así como la descripción de la interfaz gráfica final.

3.1 Configuración de la plataforma en servidor dedicado

Después de realizar la configuración de la plataforma MxSIG en un equipo local, se requirió repetir la configuración en uno de los servidores que administra la USIG en la infraestructura de datos del IMT. El servidor asignado comprende un espacio virtual configurado con las características que se indican en la tabla 3.1. Dentro de este servidor virtual se alojaron las carpetas que integran la plataforma MxSIG así como los datos de la RNC. Se realizó el procedimiento de estructurar las carpetas necesarias en el sistema, así como la instalación de software, servicios web y utilerías tomando en cuenta la dirección IP del servidor de manera que se pudieran realizar pruebas de funcionamiento del sistema de mapas a nivel de intranet. Fue necesario habilitar en el firewall del servidor el puerto 80 para proveer el servicio de visualización de MxSIG.

El acceso por medio de la IP del servidor quedó de la forma siguiente:

<http://10.34.1.226/mxsig>

Tabla 3.1 Características del servidor físico del IMT

Windows Server 2008 Enterprise	
Procesador	Intel® Xeon® 2 procesadores 2.40 GHz 2.39 GHz
Memoria (RAM)	8.00 GB
Tipo de sistema	Sistema operativo de 64 bits
Tamaño del disco duro	99.9 GB

Fuente: Elaboración propia

3.1.1 Versiones de Mapserver para Windows (MS4W)

Hoy en día MapServer para Windows cuenta con distintas versiones. Se realizó una revisión y evaluación de tres versiones, mismas que se resumen en cuestión de funcionalidad en la tabla 3.2. Dicha evaluación se realizó en función de que, al momento de obtener el paquete de instalación de MxSIG por parte de INEGI, se incluían dos versiones distintas de ms4w, la 3.0.1 y la 3.2.2. Así también, se encontró que la versión vigente es la 3.2.7, por lo que se decidió realizar pruebas con las tres, resultando que:

1. ms4w versión 3.2.2 y versión 3.2.7 (actual)

Estas versiones, a diferencia de la versión 3.0.1, permiten la configuración de las funcionalidades mapCache y la codificación a distintos formatos de caracteres. Pero no se consiguió el despliegue de las capas vectoriales debido a los cambios de configuración del archivo *mapfile* y a otras incompatibilidades con diferentes librerías necesarias para el entorno de MxSIG.

2. Ms4w versión 3.0.1

Esta versión que viene en el portafolio MDMv6 para Windows resulta ser la de mayor compatibilidad con el resto de software y configuraciones requeridas para el entorno de MxSIG, de manera que se pudieron desplegar correctamente las capas vectoriales y los estilos de diseño mediante los símbolos. Sin embargo, una de las desventajas encontradas es que no es posible configurar las funcionalidades de mapCache que permite almacenar mosaicos (imágenes) de las capas, lo que permitiría lograr una mejor visualización de los datos y un menor tiempo de carga. No obstante, esta limitante, se continuó con el uso de la versión 3.0.1

Tabla 3.2 Funcionalidades de las diferentes versiones de ms4w

Funcionalidad	ms4w 3.0.1 MapServer 5.6.6	ms4w 3.2.2 MapServer 7.0.4	ms4w 3.2.7 MapServer 7.0.7
Despliegue de capas	✓	X	X
MapCache	X	✓	✓
Codificación de formatos de caracteres	X	✓	✓
Estilos y simbología de capas	✓	✓	✓
Escala de imágenes	X	✓	✓

Fuente: <http://ms4w.com>

3.2 Personalización de la interfaz gráfica de usuario

Al ser MxSIG una herramienta producto del desarrollo institucional de INEGI, Mapa digital de México, cuando se obtiene el paquete viene configurado con logos y demás imágenes relacionadas a dicha herramienta y a la institución generadora, por lo que es necesario realizar tareas de diseño de logos y definición de un estilo acorde al lugar en el que se implementará, en este caso, personalizar con logos del IMT. Así mismo, se encontraron otros detalles de la interfaz gráfica para los cuales se realiza una sugerencia de modificación de manera que permitan al usuario final una mejor interacción con la herramienta y con los datos que en ella se presentan.

3.2.1 Adaptación a la imagen institucional del IMT

En el encabezado de la interfaz de la plataforma MxSIG se actualizaron los logotipos correspondientes. Para lo anterior se modificaron los archivos de estilos o *css* y el *html* principal para incluir los cambios. En la figura 3.1 se observa una imagen de la interfaz señalando las principales opciones que encuentra el usuario al abrir el sistema.



Figura 3.1 Imagen de la interfaz de acceso

En la figura 3.2 se visualizan las opciones con las que se cuenta en MxSIG de mapas base, mismos que son los mapas sobre los cuales se representan los

vectores de tipo línea o punto. Cada capa es diferente y se puede seleccionar desplegando el menú vertical que se encuentra oprimiendo el botón en la parte inferior derecha del mapa.

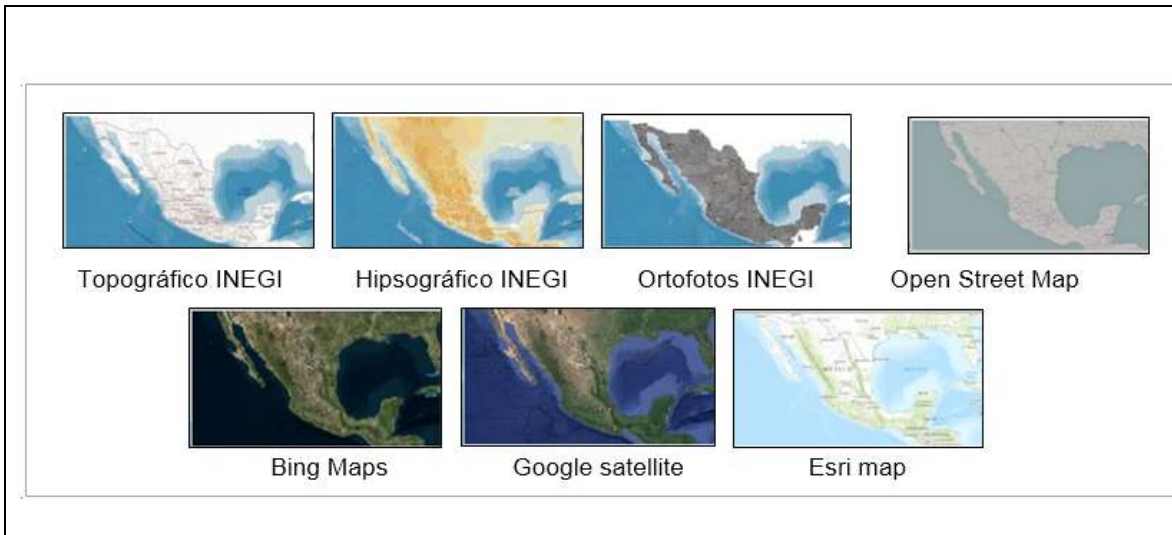


Figura 3.2 Opciones de mapas base disponibles en la plataforma

3.2.2 Propuesta de mejora para el menú de capas

Se modificó el archivo **jquery.ui.layerDisplay.css** para cambiar el tamaño y color de la ventana que contiene las opciones para desplegar las diferentes capas en los mapas base y mostrar los nombres de las capas en forma de lista.

En la parte inferior derecha de la interfaz se encuentra el símbolo que despliega el menú de capas, este menú contiene un buscador que permite encontrar las capas de manera más rápida ingresando un nombre existente. El menú muestra las capas vectoriales agrupadas en forma de lista, en donde el usuario puede activar la capa deseada marcando la casilla, también muestra otro botón con un carácter "T" que permite mostrar el nombre de cada objeto espacial de tipo punto en una etiqueta de texto.

En la versión original, este menú cubre la totalidad del espacio donde se despliega el mapa, por lo que cuando el usuario activa una capa, no es posible ver si la capa cargó correctamente. En la figura 3.3 se ilustra en un recuadro rojo el espacio del mapa y la forma como se cubre con el menú de capas señalado con un recuadro en color verde.

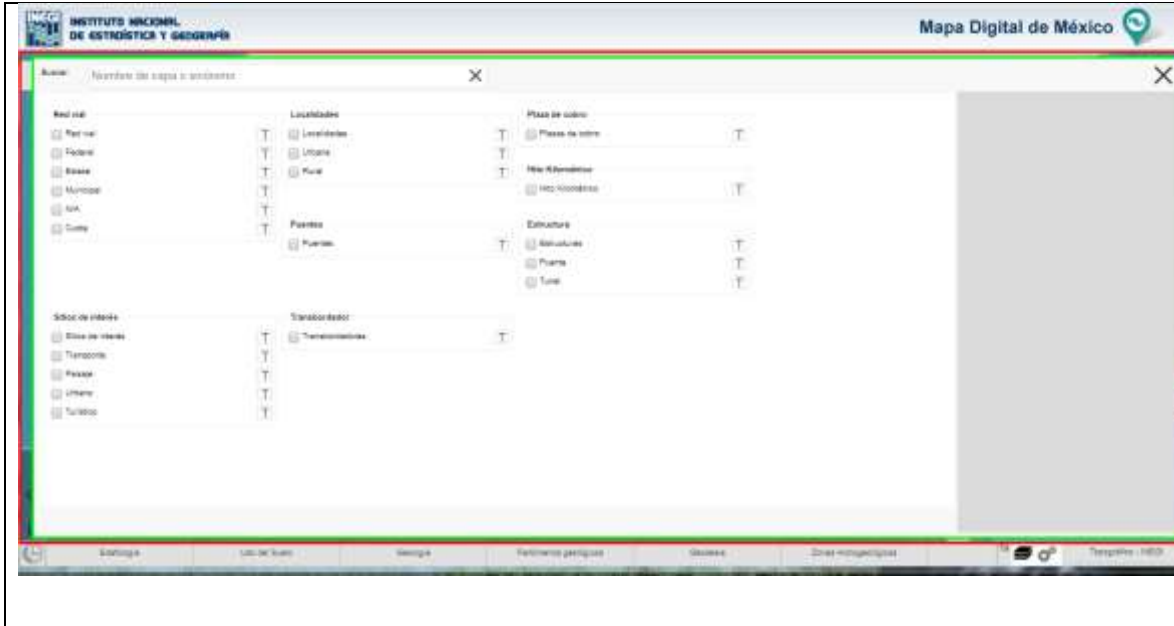


Figura 3.3 Imagen del menú de capas abierto sobre el mapa.

La propuesta realizada, es un menú reducido en su despliegue horizontal, mismo que permite ver el despliegue de las capas de datos casi al mismo tiempo que se activan, así como la capa de etiquetas o nombres de los objetos. En la figura 3.4 se puede observar la forma como queda el menú.

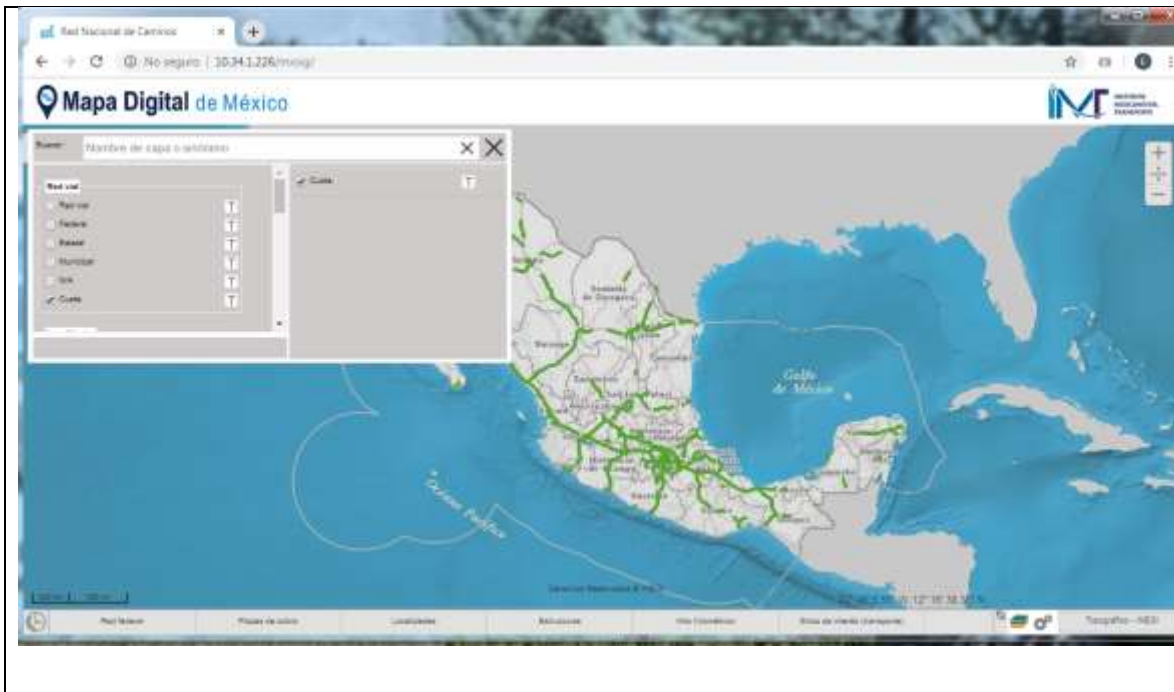


Figura 3.4 Propuesta de cambio de tamaño al menú de capas.

3.2.3 Configuración del carrusel de acceso rápido a las capas de datos

En el carrusel de la plataforma MxSIG que se encuentra al pie de página contiene imágenes de algunas de las capas de la Red Nacional de Caminos, que al dar clic sobre una imagen se despliega la capa y texto de ésta, es decir que el carrusel funciona como un acceso directo, a diferencia del menú de capas donde se debe marcar la capa y texto manualmente.

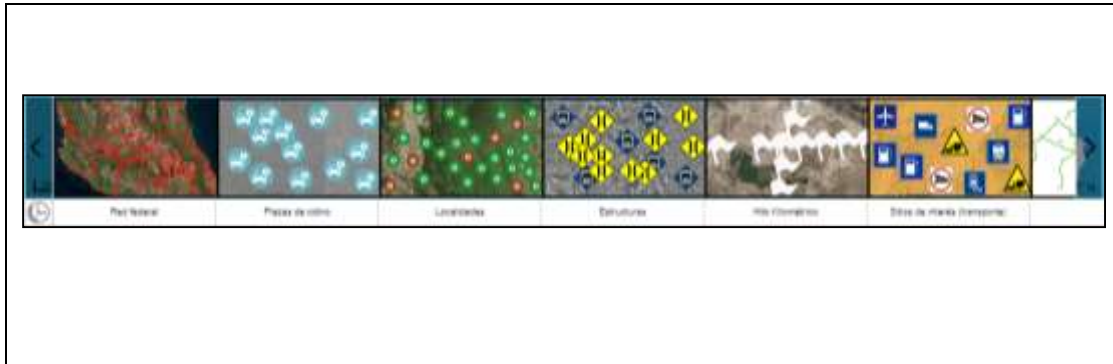


Figura 3.5 Opciones de acceso rápido a las capas de datos configuradas en el carrusel.

Se cambiaron las imágenes existentes del carrusel que se encuentra en la parte inferior del mapa por imágenes de las capas de la Red Nacional de Caminos en un tamaño de 172x100 píxeles, de tal forma que cuando se le da clic a alguna imagen del carrusel se despliega la capa que representa la imagen, además de mostrar el texto de las etiquetas para los objetos de tipo punto. El carrusel de MxSIG se modificó en la primera sección del archivo tree.js llamado temas, que se dividen e identifican con el nombre de T1 hasta Tx cada tema; asimismo, cada tema contiene los atributos: etiqueta, capas a desplegar, descripción y nombre de la imagen. De esta manera se configuraron ocho temas en el carrusel.

Conclusiones

Como resultado del proyecto se finalizó la configuración de un SIG Web a partir de la implementación de la plataforma MxSIG. Mediante la edición de diferentes archivos, principalmente los relacionados con el software servidor de mapas *MapServer*, se logró el despliegue para visualización y consulta de la información geoespacial del transporte. Lo anterior gracias a la conformación de una base de datos en el manejador PostgreSQL en la que se cargaron los datos georreferenciados de la Red Nacional de Caminos versión 2017, así como otras capas de información complementarias. De esta forma se obtuvo, como uno de los productos esperados en el presente proyecto, una herramienta tecnológica que, mediante servicios Web WMS, ofrece al personal de la SCT la posibilidad de navegar por los datos sobreponiéndolos a distintos mapas base. Al mismo tiempo, puede realizar mediciones y digitalizar nuevos elementos como líneas, puntos y polígonos que posteriormente puede exportar a formato KML para ulteriores análisis y procesos en otros tipos de software SIG para escritorio como puede ser QGis o ArcGIS.

Durante la etapa de desarrollo se identificaron algunos aspectos que permitirán lograr una mejora significativa en el desempeño de la herramienta obtenida. Lo anterior mediante la oportuna continuidad de las actividades relacionadas con la configuración del software servidor de mapas *MapServer*, para lo cual se propone llevar a cabo su actualización a la versión actual. Esto implica, realizar una serie de modificaciones en cuanto a las versiones de las demás librerías que integran la plataforma MxSIG y que fueron descritas en la sección del marco conceptual de referencia.

Así mismo, después de realizar pruebas de desempeño relacionadas con el tiempo de carga de los datos para el usuario final, se concluye que será de gran importancia incrementar las características técnicas del servidor en el que se alojó la plataforma, sobre todo en cuestión de memoria RAM, misma que es determinante en la cantidad de tiempo que tarda una capa para ser desplegada en su totalidad, sobre todo cuando se requiere visualizar la información en una escala a nivel nacional, en la que el volumen de datos es muy grande. Tan sólo la capa de red vial de la RNC ronda los 900 mil registros en base de datos.

Como ya se mencionó, uno de los aspectos importantes para que este tipo de herramientas sea adoptado con éxito en los distintos niveles en los que se estructura la SCT, es el mantenimiento continuo de la herramienta, así como la integración a la misma de nuevas funcionalidades para la interacción con los datos que permitan realizar las tareas de gestión, operación y mantenimiento de la infraestructura para el transporte con mayor eficiencia y menores costos.

Bibliografía

BACKHOFF POHLS. M. A. Transporte y espacio geográfico. Una aproximación geoinformática. México, D.F.: UNAM, 2005. ISBN 970-32-2179-3

CARCANO, L. Editing the mapfile for a MapServer based Web GIS. Milan, Italia. 2011

GOMEZ E. M. Métodos y técnicas de la cartografía temática. México: Instituto de Geografía, UNAM 2004.

JARAMILLO, V. H. MapServer y su aplicación a SIG. Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja, 2005.

OSGEO. MapServer. [En línea]. USA, 2018. Disponible en: <http://mapserver.org/es/introduction.html>

OCHANDO, M. B. Fundamentos y diseño de Bases de Datos. [En línea]. España, 2014. Disponible en: <http://ccdoc-basesdedatos.blogspot.com/2014/02/concepto-definicion-y-aspectos-basicos.html>

OLAYA, Victor. Sistemas de Información Geográfica. España, 2014.

PETERS, D. Building a GIS: System Architecture Design Strategies for Managers. Estados Unidos de América: ESRI Press, 2008.

SÁNCHEZ CARBONELL, J. I. Qué es un Sistema de Información Geográfica SIG. [En línea]. España, 2012. Disponible en: http://www.nosolosig.com/%BFque_es_un_sig?.html

TOMLIN, C. D. Geographic information systems and cartographic modelling. Prentice Hall, 1990.

TOMLINSON, R. Pensando en SIG. Planificación del Sistema de Información Geográfica Dirigida a Gerentes. Estados Unidos de América:ESRI Press, 2007.



Km 12+000 Carretera Estatal 431 “El Colorado-Galindo”
Parque Tecnológico San Fandila
Mpio. Pedro Escobedo, Querétaro, México
CP 76703
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610
Fax +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>