

## **RESUMEN**

Un sistema de información hidrológica se sustenta en un Sistema de Información Geográfica (SIG) el cual está conformado por: hardware, software y procedimientos diseñados para: soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelación y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración.

Se han llevado a cabo procedimientos para la creación de la interfaz y desarrollo de algoritmos a base de lenguajes de programación y etiquetas tales como: JavaScript, CSS HTML, la Api de Google Maps y complementos de Google Developers. Para el análisis, modelación, validación y gestión de los datos se han utilizado sistemas de información geográfica como ArcGIS y QGIS los cuales brindan precisión y confianza a la administración de datos.

La creación de un sistema de información hidrológica se basó objetivamente en la rápida mitigación y facilidad del control de problemas, de tal forma que el ingeniero actual tenga herramientas de inmediata consulta para la gestión de proyectos y poder llegar a obtener el conocimiento y diagnóstico básico de las condiciones que tiene el recurso hídrico, el medio ambiente y el impacto del cambio climático, proporcionando los elementos para poder determinar acciones que incidan en la planeación integral y sustentable de proyectos que lleguen a desarrollarse en el municipio de Morelia.

**Palabras clave:** SIG, SIH, Interfaz, Algoritmos, HTML.

## **ABSTRACT**

A hydrological information system is based on a Geographic Information System (GIS) which is made up of: hardware, software and procedures designed to support the capture, administration, manipulation, analysis, modeling and graphing of data or spatially referenced objects, to solve complex problems of planning and administration.

Procedures have been carried out for the creation of the interface and development of algorithms based on programming languages and tags such as: JavaScript, HTML CSS, Google Maps API and Google Developers add-ons; for the analysis, modeling, validation and management of the data, geographic information systems such as ArcGIS and QGIS have been used, which provide accuracy and confidence in data management.

The creation of a hydrological information system (SIH) was objectively based on the rapid mitigation and ease of problem control, in such a way that the current engineer has tools for immediate consultation for the management of projects and to be able to obtain the knowledge and basic diagnosis of the conditions of the water resource, the environment and the impact of climate change, providing the elements to be able to determine actions that affect the integral and sustainable planning of projects that will develop in the municipality of Morelia.

**Keywords:** GIS, SIH, Interface, Algorithms, HTML.

## **1 INTRODUCCIÓN**

Necesidad: es la carencia o escases de algo que se considere imprescindible. El poseer información de calidad de fácil obtención se ha vuelto una necesidad para la ciudad de Morelia, si hubiese una lista de necesidades donde el desarrollo de la ciudad dependiera de ellas la necesidad de información seria una de las que ocuparían los primeros lugares. Hoy en día se requiere tener a la mano la información de inmediata obtención, donde esta previamente hubiese pasado por procesos de validación para que se convierta en información de calidad.

Se ha visualizado una posible solución la cual dependa de la creación de un sistema de información hidrológica, que de alguna manera presente la información con localización espacial. La información hidrológica en manos adecuadas se vuelve una herramienta sumamente poderosa, vuelve vulnerable a cualquier problema ingenieril que la mitigación de este se determina rápidamente.

En función de distintos problemas dentro de la zona que comprende la cuenca del lago de Cuitzeo se han llevado a cabo diversos estudios, quedando los resultados almacenados. Con un sistema de información

hidrológica se es posible controlar y desaparecer este mal hábito, lo deseable es tener acceso a la información espacial con datos de inmediata consulta para que el ingeniero logre llegar a tomar decisiones para la mitigación de problemas dentro y fuera del municipio de Morelia.

## **2 ANTECEDENTES**

### **2.1 PROBLEMÁTICA**

Es evidente que se comienza a transitar en una nueva revolución, donde la información digital georreferenciada manifiesta una necesidad que va desde la conformación social, empresarial hasta los aspectos individuales con relación a la importancia del recurso hídrico, el medio ambiente y el impacto del cambio climático.

Desde la perspectiva ingenieril, el campo de la información y el campo del conocimiento no surten los resultados si se encuentran desvinculados entre sí, así como la presentación de información digital y los sistemas de información hidrológica (SIH), la falta de tecnologías de la información se ha vuelto una necesidad para la ciudad de Morelia debido a que se cuenta con bastante información de carácter ingenieril que solo se encuentra almacenada y no a la mano de quien de verdad la requiere. Morelia requiere a la brevedad contar con un sistema de información web para que el acceso a la información de un giro completo al aspecto tecnológico de la ciudad y esta pueda seguir paso a paso el camino de las ciudades inteligentes “Smart Cities”.

## 2.2 CIUDADES INTELIGENTES “SMART CITIES”

Desde su aparición en los años noventa del siglo pasado, el concepto “Smart Cities” ha estado fuertemente marcado por la tecnología como el elemento clave para abordar los grandes retos que preocupaban a las ciudades contemporáneas: mejorar la eficiencia energética, disminuir las emisiones contaminantes y reconducir el cambio climático.

Este concepto ha ido ganando progresivamente popularidad hasta concitar hoy en día la atención de los medios de comunicación, las redes sociales y los foros políticos de forma intensiva y recurrente.

Una Ciudad Inteligente es aquella donde el progreso se cataliza mediante la conjunción íntima entre innovaciones en las áreas de energía, transporte y tecnologías de información y comunicación. La que permite a los ciudadanos interactuar con ella de forma multidisciplinar y se adapta en tiempo real a sus necesidades para mejorar su calidad de vida.

Algunos de los aspectos más importantes son:

- Mejoran la eficacia y eficiencia de las Administraciones Públicas. Aumentan la capacidad de gestión de los servicios públicos al mismo tiempo que disminuyen el consumo de recursos. Interconectan y dotan de inteligencia a los sistemas básicos de las ciudades.
- Permiten analizar el funcionamiento de la ciudad gracias a una ingente cantidad de información generada en tiempo real por sensores o por los mismos ciudadanos.
- Reducen los gastos en el mantenimiento de edificios e infraestructuras. Disminuyen la congestión en los sistemas de transporte. Mejoran la seguridad ciudadana al reducirse los delitos y el tiempo de respuesta a emergencias.

- Mejoran la calidad de vida de los ciudadanos al prestar nuevos servicios más alineados con las necesidades y preferencias personalizadas de la demanda.
- Constituyen una vía para la innovación al satisfacer nuevas demandas urbanas que dan lugar a múltiples oportunidades y modelos de negocio.
- Aumentan la información y la transparencia en la gestión de la ciudad, facilitando la correcta identificación de las necesidades ciudadanas y favoreciendo la implicación de la ciudadanía en la resolución de estas necesidades.

La ciudad inteligente se trata de un modelo abierto porque utiliza plataformas y protocolos que ponen a disposición del conjunto de la comunidad un enorme acervo de datos para que se creen nuevos servicios y es también un modelo colaborativo porque promueve la colaboración de los diferentes agentes locales. Por tanto, la creación de plataformas tecnológicas con capacidad para integrar las actividades de los diversos subsistemas urbanos y para incorporar la información generada por las redes sociales y la base ciudadana son el propósito de favorecer el bienestar social, económico y ambiental de la comunidad.

Se ha visto el desarrollo de software a gran escala que une todas estas piezas para funcionar como sistemas coordinados inteligentemente y distribuidos geográficamente. El ejemplo más claro de esto es, por supuesto, el inmenso y sofisticadísimo aparato de software de Google, que en la actualidad estructura la vida intelectual diaria en todo el mundo. Pero hay muchos más. Los mercados financieros globales de hoy serían imposibles sin una inmensa y muy sofisticada infraestructura de software. Los negocios, desde los fabricantes de productos financieros a las compañías aéreas, dependen de su software de empresa.

Estos sistemas de software a gran escala son hoy en día cruciales e ineludibles en la vida urbana diaria. Sus efectos económicos, sociales y culturales son innegables y son cada vez más el foco de la investigación en ciencias sociales. Por lo general, estaría dispuesto a discutirlo, han mejorado la vida humana. Aun así, merecen un escrutinio crítico mucho más minucioso y a veces una resistencia

del que han recibido habitualmente. Así pues, la nueva inteligencia de las ciudades reside en la combinación cada vez más efectiva de redes de telecomunicación digital, la inteligencia integrada de forma ubicua, los sensores e indicadores, el transporte inteligente, supermercados inteligentes y la gran transparencia y acceso a la información en tiempo real por medio de sus sofisticadas bases de datos ligadas a los sistemas automáticos de información geográfica (SAIG).

## 2.3 SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un SAIG permite la lectura, edición, almacenamiento, gestión de datos espaciales, análisis de dichos datos (esto puede incluir desde consultas sencillas a la elaboración de complejos modelos, y puede llevarse a cabo tanto sobre la componente espacial de los datos como sobre la componente temática) y la generación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc, en tiempo real.

Un ejemplo notable es el sistema automático de información hidrológica de la confederación hidrográfica del Júcar, constituye una red de recogida y tratamiento de datos de precipitación y de control de los caudales circulantes y de los recursos hídricos superficiales (niveles de embalse, cauces y canales, posiciones de compuertas, etc.), que cubre el territorio adscrito a la Confederación Hidrográfica del Júcar.

Las inundaciones constituyen el riesgo natural de mayor impacto a nivel mundial, el que origina más pérdidas de vidas y bienes que cualquier otro desastre natural. En el caso mediterráneo, este hecho es particularmente importante, dado el carácter repentino de las crecidas y la creciente ocupación humana de vegas y riberas fluviales.

Los cuantiosos costes humanos, económicos y sociales que comportan las crecidas, obligan a incorporar medidas eficaces de previsión, predicción y control de las avenidas. Sin embargo, esta tarea no resulta en modo alguno sencilla por la

respuesta rápida de las cuencas y, en consecuencia, un tiempo muy corto para avisar a la población expuesta al riesgo. Ante esta situación, se impone la implantación de sistemas de información que permitan disponer de los datos en tiempo real.

A raíz del revulsivo que supusieron las inundaciones de 1982 y 1983 en el litoral mediterráneo, y en la franja cantábrica, los poderes públicos empezaron a revisar y diseñar nuevos programas de prevención. De las nuevas acciones que se pusieron en marcha, merece destacarse las referidas a la vigilancia meteorológica y a la información hidrológica por parte de las autoridades.

En este contexto se inscribe el Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH), desarrollado a escala nacional en el marco del Programa de Seguridad y Explotación de Presas. Este proyecto, incluido en el contexto de un Plan Nacional, comenzó a ejecutarse en la Confederación Hidrográfica del Júcar, por considerarse la más problemática y la que requería con mayor urgencia su implantación, y empezó a funcionar a finales de 1989.

### **3 ZONA DE ESTUDIO**

Nuestra zona de estudio está delimitada por la cuenca hidrográfica del lago de Cuitzeo. Las cuencas hidrográficas constituyen sistemas complejos que contienen una gran variedad de componentes, intensamente interconectados entre sí, a distintos niveles jerárquicos. En ese contexto, el análisis socioambiental de las cuencas constituye un gran reto para aproximarse al abordaje del análisis dinámico de sistemas, dependientes de su historia.

#### **3.1 LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO**

El lago de Cuitzeo, es el segundo de mayor extensión en México. La parte central esta cruzada por la carretera federal número 43, dividiendo al lago en dos vasos este y oeste. Actualmente el vaso oeste está dividido por la autopista Morelia-Salamanca.

El lago de Cuitzeo es de gran importancia para la región, ya que contribuye a regular el clima de la cuenca, además de dar sustento y hábitat a diversas especies vegetales y animales, como el pato canadiense, y contribuir a la economía de miles de familias.



**Figura 1. Lago de Cuitzeo**

Fuente: <http://www.cambiodemichoacan.com.mx/nota-226085>

El origen de la cuenca del Lago de Cuitzeo, se remonta al Cenozoico Medio Superior, cuya composición litológica corresponde a rocas ígneas extrusivas, con dacitas y tobas ácidas; así como, brechas volcánicas. Las rocas sedimentarias del Cuaternario son del tipo aluvial y lacustre, otras sedimentarias del Terciario Superior e Inferior son: las limonitas, areniscas y volcánicas; mientras que, en las cadenas montañosas hay rocas ígneas de basaltos y andesitas (Chávez Carmona et. al., 1994).

La cuenca está limitada al este, por productos basálticos pliocuaternarios de la región de Queréndaro y el sistema geotérmico que conforma la caldera de los

azufres, que ha generado grandes depósitos de piroclastos; el límite oeste de la cuenca corresponde al volcán Quinceo; al límite sur lo conforman la secuencia volcánica del oligoceno-mioceno de Mil Cumbres.

#### Localización Geográfica.

La cuenca hidrográfica del lago de Cuitzeo, se encuentra en la parte centro-norte del Estado de Michoacán, cuyo origen es una cuenca cerrada determinada por fenómenos tectónicos y volcánicos.

La cuenca de Cuitzeo forma parte de la cuenca Lerma-Chapala y se encuentra comprendida, en la meso-región Centro-Occidente, se localiza dentro de la Región Hidrológico-Administrativa VIII (Lerma-Santiago-Pacífico), específicamente enclavada al sur de la cuenca Lerma-Chapala.

El Río Grande de Morelia es el tributario más importante, con 1,577 km<sup>2</sup>, que se forma por los ríos Tiripetío y Tirio, a los cuales se les une el Río Chiquito de Morelia. La cuenca tiene una superficie aproximada de 3,675 km<sup>2</sup>, aunque algunos autores la consideran de 4,000 km<sup>2</sup>, la cuenca está delimitada por las coordenadas geográficas entre los 19° 26' y 20° 08' latitud norte y 100° 37' a 101° 28' longitud oeste (Madrigal y Trujillo, 2000).

#### La Cuenca del Lago de Cuitzeo.

Se encuentra localizada en el Sistema Volcánico Transmexicano, al que pertenecen las sub\_provincias de Mil Cumbres, Neovolcánica Tarasca y Sierras y Bajíos Michoacanos. Destacan, las elevaciones circundantes con los siguientes cerros:

- Al oriente, San Andrés (3,590 msnm), Cerro Viejo (2,446 msnm), El Pejo (2,250 msnm).
- Al noroeste, El Varal (2,550 msnm), en los límites de Michoacán y Guanajuato; El Nogal, Las Aletillas (2,460 msnm), Cerro Tzirate (3,400 msnm).

- Hacia el norte, El Melón (2,780 msnm) y de aquí hacia la población de Cuanajo, hasta el cerro El Fríjol (3,040 msnm), La Nieve (3,300 msnm), Pedregoso (2,500 msnm) y El Gallo (3,000 msnm). (Madrigal y Trujillo, 2000).

El 80% de la superficie se considera montañosa y de lomeríos; mientras que el 20% son terrenos planos. Las altitudes extremas varían de 1,800 a 3,590 msnm (Chávez Carmona et. al, 1994).



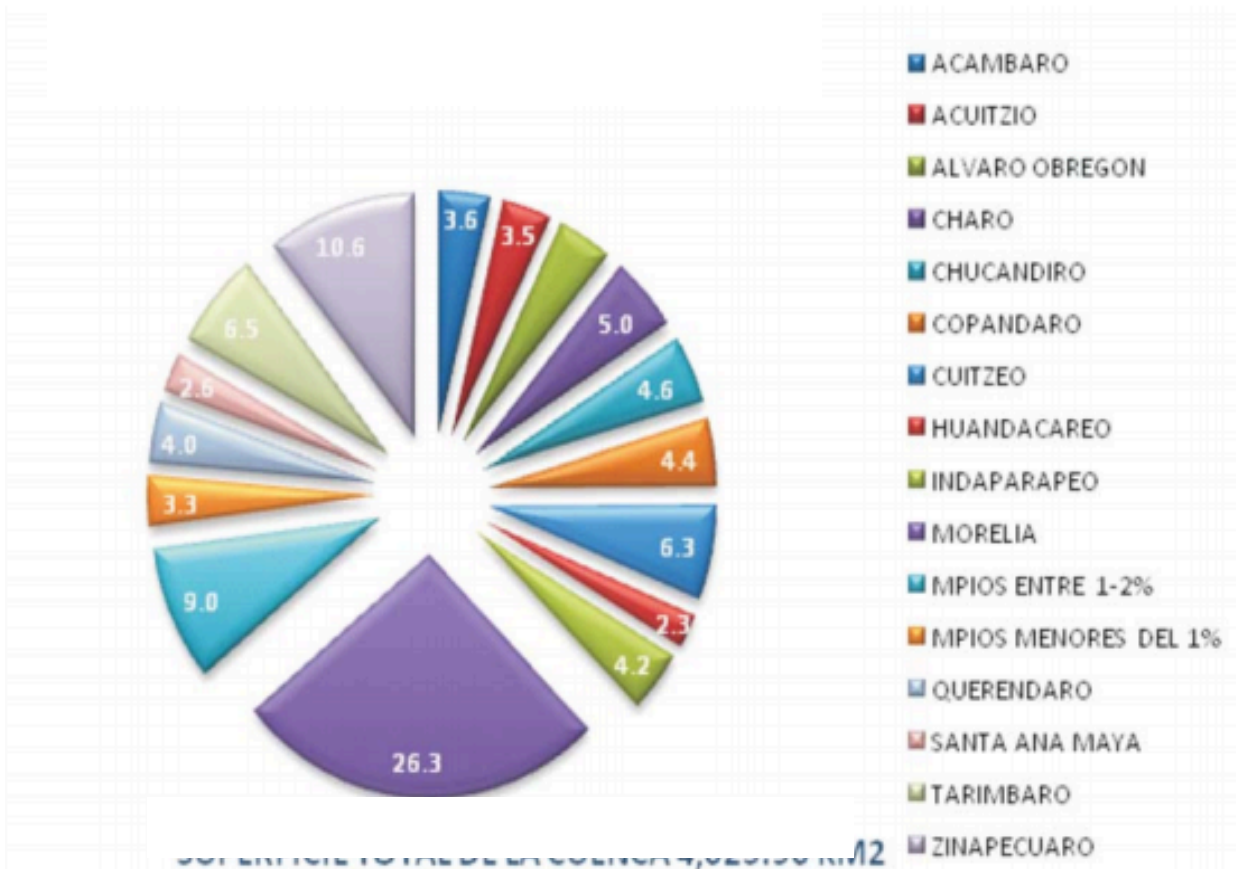
**Figura 2. Localización geográfica de la Cuenca del Lago de Cuitzeo**

Fuente:[http://bitacoraambiental.suma.michoacan.gob.mx/bitacora/ordenamientos/ord\\_2/documentos/ba\\_21\\_39.pdf](http://bitacoraambiental.suma.michoacan.gob.mx/bitacora/ordenamientos/ord_2/documentos/ba_21_39.pdf)

En la cuenca se encuentra el segundo cuerpo de agua más grande del país, el cual presenta grandes periodos de desecación y ha sido considerado dentro de los humedales prioritarios para la conservación de especies migratorias (Villaseñor, 1994). Además, se presentan fuertes procesos migratorios entre los municipios integrantes de la cuenca sobre todo hacia la capital del Estado, siendo los

municipios ribereños los más dinámicos en este sentido, y de urbanización (especialmente en la ciudad de Morelia) y sus municipios conurbados (López, 2001).

El espacio físico delimitado por el parteaguas natural de la cuenca de Cuitzeo, lo integran superficies de 26 municipios parcial o totalmente, mostrados en la siguiente figura:



**Figura 3. Porcentaje de superficie que integran la cuenca del Lago de Cuitzeo**  
 Fuente: CEAC-CONAGUA. 2009. Programa de gestión Integral de los Recursos Naturales de la Cuenca del Lago de Cuitzeo. CCLC, Silva M., Morelia, Michoacán, México.

#### 4 METODOLOGÍA

Para la creación de un sistema de información hidrológico (SIH) son muchos los elementos que se requieren para el funcionamiento eficiente de este, el proceso a seguir se inicia por el planteamiento y el estilo del tipo de interfaz a crear, después de tener claro que se requiere un sistema web, surge la necesidad de un servidor el cual contendrá el SIH. WampServer fue el indicado para que un PC se convirtiera en un servidor web que en conjunto con un dominio dieran inicio a la creación de la interfaz (sitio web) del SIH con los mejores desarrolladores web como HTML5, CSS y JavaScript con los cuales es posible tener una interface ligada a códigos de programación de la sofisticada API de Google Maps. Con la amplia relación de estos desarrolladores se es posible tener un SIH funcionando a través de la web que brinde la mejor calidad de acceso a la información referente a la cuenca del lago de Cuitzeo.

#### 4.1. MATERIALES

4.1.1 DESARROLLADORES: HTML5 es un lenguaje markup (Hyper Text Markup Language) usado para estructurar y presentar el contenido para la web. Es uno de los aspectos fundamentales para el funcionamiento de los sitios, pero no es el primero. Es de hecho la quinta revisión del estándar que fue creado en 1990. HTML5 fue utilizado para la creación del sitio web donde se encuentra el SIH, HTML5 se encarga de formar la estructura de los elementos que forman la interfaz del SIH, que en complemento con CSS ( Cascading StyleSheets) quien da los estilos por medio de códigos y la vinculación de las famosas etiquetas de HTML5, con estilos nos referimos a la posición, color, tamaño, etc de los elementos de la interfaz; JavaScript que es un lenguaje de programación utilizado dentro del cuerpo de los algoritmos de HTML5 para la implementación de acciones especiales o multimedia dentro de la interface como los redireccionamientos entre elementos del SIH y dentro de la API para crear la combinación entre los mapas de Google Maps, los MDE y las capas temáticas con información hidrológica; y las gráficas de presentación de los datos históricos, calculados y de cambio climático.

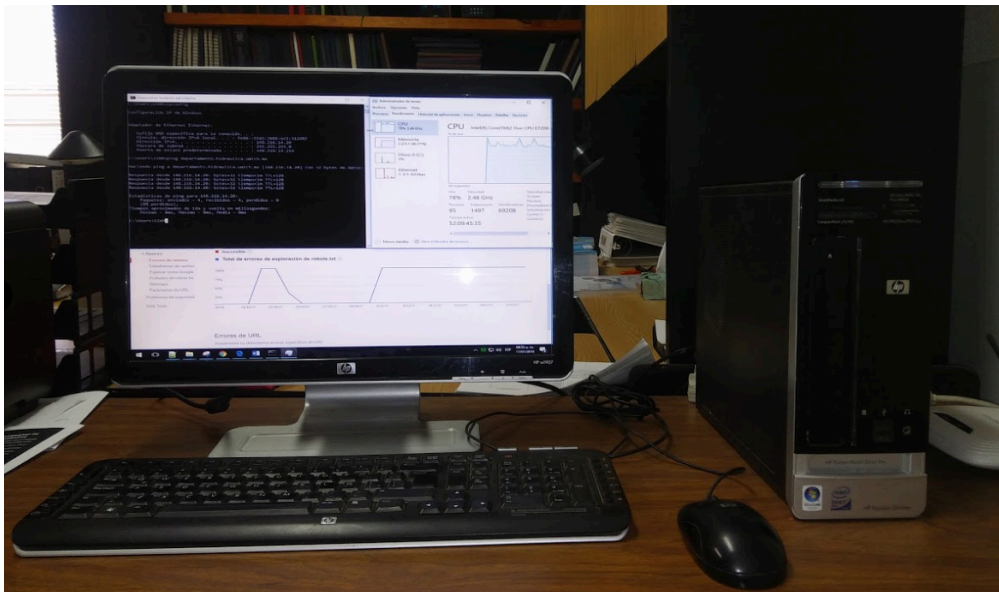


**Figura 4. Desarrolladores Web**

Fuente:[https://www.google.com.mx/search?biw=1280&bih=869&tbn=isch&sa=1&ei=EcNfWue9IsHQsAXUipYBg&q=html5&oq=html5&gs\\_l=psyab.3..0l5j0i67k1j0l4.40972.40972.0.41633.1.1.0.0.0.0.137.137.0j1.1.0....0...1c.1.64.psyab..0.1.136....0.nFOE2YDdki4#imgrc=oBJ4javjU9lhrM](https://www.google.com.mx/search?biw=1280&bih=869&tbn=isch&sa=1&ei=EcNfWue9IsHQsAXUipYBg&q=html5&oq=html5&gs_l=psyab.3..0l5j0i67k1j0l4.40972.40972.0.41633.1.1.0.0.0.0.137.137.0j1.1.0....0...1c.1.64.psyab..0.1.136....0.nFOE2YDdki4#imgrc=oBJ4javjU9lhrM):

4.1.2 API DE GOOGLE MAPS: es quien da vida a los mapas dinámicos del SIH que de alguna manera se vuelve la parte más importante de este. Los mapas dinámicos están contruidos a base de un modelo digital de elevaciones (MDE) y capas temáticas que se superponen al MDE, se dice son la parte más importante de SIH ya que con ellos se muestra la información citada en cada campo del menú del sistema.

4.1.3 SERVIDOR WEB: El servidor consta de un equipo de cómputo el cual se conectó a una red de internet publica que en conjunto con WampServer (Software instalado en el equipo de cómputo el cual convierte una PC a un servidor web) se asociaron a una dirección IP (148.216.14.20) para ligarla a un dominio (departamento.hidraulica.umich.mx) establecido por el Centro de Computo y Procesos de Información Universitaria de la UMSNH, de tal manera que esta fuese nuestra dirección web para el SIH. El servidor tiene como principal objetivo alojar todos los archivos web que conforman el SIH así como la información a mostrar en el sistema.



**Figura 4. Servidor WEB**

#### 4.1.4 SOFTWARES DE APOYO:

ArcGIS: es un sistema de información geográfica donde se procesa la información ingresándola por medio de tablas y obteniendo esta misma información georreferenciada dentro de modelos digitales de elevación. Este software nos permite utilizar distintas capas temáticas dentro de un campo de trabajo georreferenciado, por medio de este software se procesó la información del recurso hídrico del medio ambiente y del impacto de cambio climático, utilizando las herramientas necesarias para conversión de formatos en que se encuentran las capas fue así como se obtuvieron archivos en formato KML que contienen la información en capas georreferenciadas de tal manera que fuesen compatibles con el SIH y ser cargadas en las bases de datos.

Notepad ++: es un editor de código fuente el cual permite escribir las líneas de código de los desarrolladores (HTML5, CSS, y JavaScript), dentro de un ámbito de trabajo muy amigable ya que, al utilizar los formatos HTML, los códigos se volvían muy representativos y clasificados de tal manera que inmediatamente se ubicaban las partes esenciales del algoritmo.

## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La creación de un sistema de información hidrológica se basó objetivamente en la rápida mitigación y facilidad del control de problemas, que el ingeniero actual tenga herramientas de inmediata consulta para la gestión de proyectos y poder llegar a obtener el conocimiento y diagnóstico básico de las condiciones que tiene el recurso hídrico, el medio ambiente y el impacto del cambio climático, de tal manera que proporcionen los elementos para poder determinar acciones que incidan en la planeación integral y sustentable de proyectos que lleguen a desarrollarse en nuestra zona de estudio o alrededores.

Quien deberá operar este sistema requiere estar capacitado en los temas de aplicación y en el manejo de las herramientas de SIH. Llevando la organización de la mano para lograr una estructura funcional para la ejecución de las actividades.

Es crítica la decisión sobre el tipo de información a ser usada para describir las variables incluidas en la base de datos, bien a escala real, bien en dimensiones simbólicas. Los datos a escala real deben prevalecer sobre la información simbólica, especialmente en este punto de la planificación, cuando se requiere de información precisa para evaluar el riesgo a que están sometidos ciertos proyectos específicos de inversión.

La finalidad de los sistemas de información, como las de cualquier otro sistema dentro de una organización, son procesar entradas, mantener archivos de datos relacionados con la organización y producir información, reportes y otras salidas.

El mundo es infinitamente complejo, el contenido de una base de datos espacial representa una vista limitada de la realidad el usuario ve la realidad a través de la base de datos y de su formación.

Los beneficios de un SIG pueden ser tan atractivos que la decisión para adquirir un sistema puede tomarse sin mucho titubeo. En la mayoría de los casos, sin embargo, sólo se puede llegar a una decisión después de un análisis detallado.

## 7 REFERENCIAS

CEAC-CONAGUA. 2009. **Programa de gestión Integral de los Recursos Naturales de la Cuenca del Lago de Cuitzeo**. CCLC, Silva M., Morelia, Michoacán, México.

Hipertextual. **Tecnología, Ciencia y Cultura Digital**. <https://hipertextual.com>. Fecha de consulta: Enero 2018.

García, J. C. (2009). **Algoritmos y Programación - Guía para Docentes (2ª Edición)**. Colombia: Motorola Foundation.

Pardo, J. (2016). **Gestión Integrada de Recursos Hídricos en la Cuenca del Lago De Cuitzeo, Ante El Efecto Del Cambio Climático**. Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.

Mitchell, W. J. (2007). **Ciudades Inteligentes**. Universidad Abierta de Cataluña, Barcelona, España.

Google Developers. **Google Maps API**. <https://developers.google.com/maps/web-services/overview?hl=es-419>. Fecha de consulta: Junio 2017.

Kendall, K. E. y Kendall, J. E. (2011). **Análisis y diseño de sistemas (8ª Edición)**. México: Editorial PEARSON.

Gayo, D. (2000). **Diseño Gráfico de Páginas Web**. Universidad de Oviedo, España.

Ramió, J. (2004). **Libro Electrónico de Seguridad Informática y Criptografía (6ª Edición)**. Ed. Universidad Politécnica de Madrid, España.

Aparicio, F. J. (1992). **Fundamentos de Hidrología de Superficie**. México: Editorial LIMUSA