

# Plataforma Tecnológica para el Centro de Información Georreferenciada de la Región Lagunera

---

María de los Ángeles Constantino González  
Departamento de Ingeniería,  
Tecnológico de Monterrey, Campus Laguna, México  
aconstan@itesm.mx

## Resumen

El uso de información georreferenciada se está incrementando rápidamente, lo que requiere profesionistas que tengan competencias en tecnologías geoespaciales. Aunque en el Tecnológico de Monterrey existen varias carreras a nivel profesional relacionadas con el área de Tecnologías de Información, ninguna de ellas considera explícitamente en el plan de estudios temas relacionados con tecnologías geoespaciales. El Tecnológico de Monterrey Campus Laguna ha participado, en conjunto con FOMEC, en el desarrollo de un prototipo de un Sistema de Información Geográfica en Web para el Centro de Información Georreferenciada de la Región Lagunera. La construcción de esta plataforma nos permitirá además de contar con un sistema que apoye el desarrollo de la región, obtener las bases y experiencia en esta nueva área para posteriormente compartirlas con profesores y alumnos y sugerir temas de tecnologías geoespaciales dentro de los planes de estudio a nivel Profesional.

**Palabras clave:** Georreferenciación, Sistema de información geográfica, open-source.

## 1. Introducción

El uso de información georreferenciada se está incrementando rápidamente. Existe un creciente reconocimiento tanto en el sector público como privado de que la localización es un componente vital para la toma de decisiones efectivas [1].

El avance en el uso de información georreferenciada requiere profesionistas que tengan competencias en tecnologías geoespaciales. El departamento de Trabajo de U.S.A considera esta tecnología como una industria de rápido crecimiento que genera nuevas oportunidades de empleo y definió un Modelo de Competencia de Tecnología Geoespacial que identifica los principales conocimientos y habilidades geoespaciales [2].

La integración de Tecnologías de Información (TI) con la Ciencia de Información Geográfica proporciona tres oportunidades específicas para la educación en TI: pensamiento espacial mejorado, nuevas áreas de aplicaciones innovadoras e interdisciplinarias y oportunidades de empleo para los estudiantes [3]. Esta tecnología está emergiendo como una tecnología instruccional para apoyar a que el estudiante logre un aprendizaje rico contextualmente y que use métodos de

visualización para descubrir y construir conocimiento.

Aunque en el Tecnológico de Monterrey existen varias carreras a nivel profesional relacionadas con el área de Tecnologías de Información, ninguna de ellas considera explícitamente en el plan de estudios temas relacionados con tecnologías geoespaciales. El preparar a los alumnos y profesores en estas herramientas les dará una ventaja competitiva sobre profesionistas de otras universidades, lo que representa un atractivo educativo para los estudiantes.

El Tecnológico de Monterrey Campus Laguna ha participado en el desarrollo de un prototipo de un Sistema de Información Geográfica en Web para el manejo de Información Georreferenciada de la Región Lagunera. Esta aplicación es parte importante de la plataforma tecnológica del Centro de Información Georreferenciada de la Región Lagunera y fue desarrollado en conjunto con FOMEC (Fomento Económico de la Laguna, A. C.), organismo privado que busca impulsar el desarrollo económico de la región. El sistema permite visualizar y consultar información de la región que puede ser analizada y valorada para la toma de decisiones. La construcción de esta

plataforma permitirá además de contar con un sistema que apoye el desarrollo de la región, obtener las bases y experiencia en esta nueva área para posteriormente compartirlas con profesores y alumnos y sugerir temas de tecnologías geoespaciales dentro de los planes de estudio a nivel Profesional.

## 2. Centro de Información Georreferenciada de la Región Lagunera

La Comarca Lagunera es una región localizada en la parte central del norte de México que abarca el suroeste de Coahuila y el noreste de Durango. Esta región se conforma de 10 municipios de Durango y 5 municipios de Coahuila. Actualmente la región muestra un bajo nivel de crecimiento económico debido a diversos factores, por lo que es necesario tratar de atraer inversionistas a la región para apoyar su desarrollo económico y ofrecer mayores y mejores oportunidades de empleo.

El Centro de Información Georreferenciada de la Región Lagunera (CIGLAG) fue iniciado por la Directora de Investigación y Desarrollo Regional del Tec de Monterrey Campus Laguna, Lic. Ana Olga Rodríguez Betancourt, en conjunto con el Ing. Armando Carlos Rentería, Director de FOMEC. Este centro nace ante la necesidad de contar con información integrada de la región, buscando proveer servicios de búsqueda de información estadística y geográfica útil para la toma de decisiones que promueva el desarrollo económico de la región. Contar con este tipo de información no es sencillo debido a que la región está conformada por municipios de dos estados diferentes, y en general, la información se encuentra agregada a nivel estatal o municipal, no regional.

CIGLAG ha conseguido integrar a socios estratégicos tales como el Tecnológico de Monterrey Campus Laguna, FOMEC, INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) a través de convenio con FOMEC, y el Gobierno Municipal de Torreón. El Centro busca contar con un sistema de información georreferenciada en Web amigable y de fácil acceso. Este sistema se describe con mayor detalle a continuación.

## 3. Sistema de Información Georreferenciada de la Región Lagunera

Un sistema de información geográfica o georreferenciada (SIG), es un sistema formado por *hardware*, *software* y datos para capturar, administrar, analizar y mostrar en diferentes formas información referenciada geográficamente. El SIG permite ver, interpretar y visualizar datos geográficos, por ejemplo mapas, junto con reportes y gráficas, y esto ayuda a visualizar relaciones, patrones y tendencias en los datos. La información en el SIG se representa como capas de información que pueden ocultarse o hacerse visibles según se considere conveniente para la toma de decisiones.

El prototipo SIG desarrollado hasta ahora, el cual puede consultarse en <http://seig-laguna.lag.itesm.mx>, permite visualizar diferentes capas creadas por INEGI tales como el Marco Geo-estadístico de la Región (límites estatales y municipales), las localidades urbanas y rurales, las vialidades, el DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas), geología, el uso de suelo y vegetación, e infraestructura, entre otras. Esto es posible gracias a que para el desarrollo de este prototipo se tomó como base la Plataforma del Mapa Digital de México (MDM) en Web versión 5.0 desarrollada por INEGI [4]. La plataforma, desarrollada utilizando software libre, incluye bases de datos con la información geográfica y estadística del INEGI e información del DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) de la región. Fue posible contar con esta plataforma gracias al acuerdo existente entre FOMEC e INEGI, el cual permitirá también tener actualizaciones a las bases de datos generadas por dicha institución.



Figura 1. Interfaz gráfica del MDM en Web.

La interfaz gráfica de esta plataforma, adaptada a la Región Lagunera, se muestra en la Figura 1. Como se puede observar, el sistema muestra al fondo un mapa de la región lagunera, formada por los municipios de Coahuila y de Durango. La

plataforma cuenta con una barra de herramientas en la parte superior central que permiten hacer diferentes acciones sobre el mapa, tales como acercamientos o alejamientos, identificar algún elemento específico en el mapa para mostrar información del mismo, o hacer búsquedas de elementos dentro de alguna o de todas las capas definidas. En la parte izquierda se muestra una ventana donde se pueden habilitar o deshabilitar las diferentes capas de información. En la parte derecha se muestra una ventana de configuración que permite definir el idioma en el que se desea utilizar el sistema (español, inglés, francés), así como habilitar o no ciertas opciones.

A este sistema se le han agregado nuevas capas de información de la región, algunas desarrolladas a partir de información proporcionada por FOMEC, como la capa de Parques Industriales y las capas asociadas a la calidad de vida tales como universidades, centros comerciales, teatros, iglesias, escuelas, inmobiliarias y clubs deportivos.

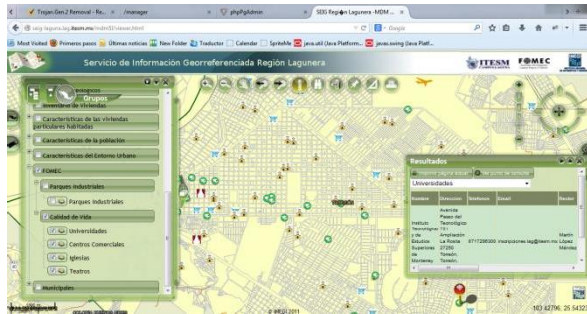


Figura 2. Visualización de capas de información.

En la Figura 2 se pueden visualizar las capas de universidades (símbolo en verde), centros comerciales (símbolo en azul), iglesias (símbolo en café) y teatros (símbolo en morado). En la parte izquierda se muestra en el árbol de capas la selección de estas capas. En la ventana derecha se muestra información específica de la universidad seleccionada (ITESM). Además se han agregado al sistema algunas capas proporcionadas por el Municipio de Torreón, tales como capas relacionadas con agua potable, drenaje sanitario y el plan director (zonificación secundaria).

Se han realizado modificaciones al sistema de manera que la información pueda consultarse de acuerdo a ciertos filtros y se muestre en un formato apropiado. (Figura 3). En la parte izquierda aparece una nueva ventana que permite realizar búsquedas de información a diferentes niveles de agregación, clasificada por

Comunidades y Negocios. En la parte de Comunidades, es posible obtener, por un lado, un perfil de un municipio o de la región misma, y por otro, información demográfica ya sea de localidades rurales, localidades urbanas, municipios o de la región en su totalidad. Por ejemplo, el sistema puede mostrar el perfil de la Región Lagunera así como los datos demográficos agregados de la región. En la parte de negocios es posible realizar búsquedas en base a sectores, subsectores, ramas, sub-ramas, clases de actividad y tamaño del negocio.



Figura 3. Consulta basada en Filtros – Nivel Regional.

A través de esta misma ventana, tanto a nivel de Comunidades o de Negocios, se pueden hacer consultas (botón “Mas Filtros...”) seleccionando cierta parte del mapa en base a elementos geográficos: un círculo con cierto radio o un polígono generado directamente a través de herramientas de visualización, como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Selección en base a elementos geográficos.

Las ventanas de resultados muestran la agregación de información a nivel de manzana de la selección realizada. Estos resultados podrían someterse a diferentes tipos de análisis para la toma de decisiones.

El sistema fue desarrollado utilizando una arquitectura orientada a servicios, estructurando la aplicación en forma de capas: la capa de presentación utilizando el modelo MVC (Modelo Vista Controlador), la capa de lógica del negocio

y la capa de acceso a datos mediante servicios Web tipo REST.

### 3.1 Desarrollo del SIG Región Lagunera

El desarrollo de la aplicación Web se realizó en diferentes etapas en las que participó, por parte del Tecnológico de Monterrey Campus Laguna, la Dra. María de los Ángeles Constantino González, junto con alumnos de la carrera de ITIC (Ingeniería en Tecnología de Información y Comunicaciones), y por parte de FOMEC, el Ing. Guillermo Carrillo, como coordinador del proyecto. Las etapas que se realizaron se indican a continuación:

- 1) Capacitación en el área de tecnologías geoespaciales por parte de profesores y alumnos de la carrera de ITIC. Esta capacitación incluyó un curso impartido por INEGI en el Campus sobre el Mapa Digital de México, tanto en su versión de escritorio como en Web. Se atendió el curso en línea "Desarrollo de Aplicaciones Web Mapping" ofrecido por la empresa MappingGIS.com usando la suite de OpenGeo. En ella se realizaron actividades utilizando software como PostGIS, GeoServer, GeoWebCaché y OpenLayers. Dado que no teníamos experiencia en el desarrollo de aplicaciones SIG se recibió una mentoría para el desarrollo y configuración de la aplicación por parte de la empresa Soluciones Geográficas de México, S. C., la cual se enfocó principalmente en dos áreas: servicios Web usando *servlets* y desarrollo de interfaz de usuario usando JQuery, JavaScript y OpenLayers. Además se adquirió bibliografía asociada a estas tecnologías y se consultó información en Web.
- 2) Creación de nuevas capas de información. Se crearon nuevas capas de información a partir de información proporcionada por FOMEC, tales como la de Universidades y Centros Comerciales. Esto inicialmente llevó más tiempo de lo esperado debido a la falta de experiencia que se tenía en el área. Con la experiencia obtenida se desarrolló un procedimiento o guía que facilitó posteriormente la creación de nuevas capas de información. En esta etapa participaron inicialmente alumnos que cursaban la materia de Bases de Datos y posteriormente, alumnos ITIC interesados en realizar sus prácticas profesionales en

esta área. Para crear las capas de información se utilizan diversas herramientas como Google Earth y clientes SIG. Estas herramientas permiten generar los archivos a utilizar por el MDM en Web. Además, para cada objeto de interés (capa) se identificaron los datos que se desean mostrar en el mapa y se definieron en PostgreSQL. Una vez creada la capa de manera completa se agregó a la base de datos geográfica en el servidor y se realizaron cambios en los archivos del MDM en Web para que estas capas pudieran visualizarse en el sistema.

- 3) Mejorar la funcionalidad y visualización de resultados del sistema mediante: a) el desarrollo de una nueva ventana que permitiera realizar consultas más específicas asociadas a la región y b) la creación de ventanas que mostraran los resultados de una manera más amigable para el usuario. Para ello se realizó el diseño de la nueva ventana de consulta que incluyera búsquedas de información de comunidades y de negocios, se crearon los servicios Web tipo REST para realizar el acceso a los datos requeridos y se desarrolló el código de la interfaz de usuario utilizando HTML5, JQuery, JavaScript y Openlayers. En esta etapa participaron dos alumnos de tercer semestre de la carrera de ITIC, los cuales fueron contratados por FOMEC y recibieron un incentivo económico por su trabajo. Para la modificación del sistema se manejó el ambiente de desarrollo NetBeans configurado para utilizar el sistema de control de versiones GIT, lo que facilitó el desarrollo del sistema al controlar los cambios realizados por los diferentes participantes sobre los archivos del proyecto, identificando qué, cuándo y quién realizó cada cambio. Esto les dio a los alumnos experiencia en el uso de sistemas de control de versiones para el desarrollo de software, una práctica que todos los del área de tecnologías de información deberían conocer y manejar pero que no es incluida explícitamente en el plan de estudios.
- 4) Pruebas del Sistema. Actualmente el sistema se encuentra en etapa de pruebas para verificar y validar el funcionamiento del mismo.

En la siguiente sección se describirá con mayor detalle la plataforma tecnológica que se definió para el CIGLAG.

### 3.2 Plataforma Tecnológica del CIGLAG

La plataforma tecnológica del Centro de Información Georreferenciada de la Región Lagunera proporciona la infraestructura de *hardware* y *software* necesaria para ofrecer su servicio a la comunidad. El Centro cuenta con dos servidores Linux, uno de desarrollo y otro de producción, red inalámbrica, impresora, teléfono y dos computadoras de escritorio con Windows 8.

Los servidores cuentan con el sistema operativo CentOS 6.3 y con el software necesario para el desarrollo y la ejecución de la aplicación Web. El software que se encuentra instalado en cada servidor se describe a continuación:

- a) *Java JDK 1.6* para permitir la ejecución de aplicaciones codificadas en Java.
- b) Manejador de Base de Datos geográfica *PostgreSQL 9.1.13* incluyendo las librerías *PostGIS* para el manejo de datos geográficos.
- c) Servidor Web HTTP *Apache 2.2.15* y Servidor de Aplicaciones *Apache Tomcat 6.0.24* para la ejecución de aplicaciones Web que utilizan las tecnologías de *Java Servlet* y *JavaServer Pages*.
- d) Sistema de control de versiones *Git 1.7.1*, Sistema de control de versiones distribuido open-source para el manejo del proyecto con velocidad y eficiencia.
- e) *MapServer 6.0.3*, plataforma *open-source* para publicar en Web datos espaciales y aplicaciones de mapas interactivos.
- f) Mapa Digital de México (MDM) versión Web desarrollada por INEGI. Esta aplicación permite identificar elementos geográficos asociados a información tabular mediante el uso de consultas a bases de datos en *PostgreSQL*.
- g) Sistema de Información Geográfica en Web de la Región Lagunera, desarrollado sobre el MDM versión Web, que se describió en una sección anterior.

Por otro lado, para la creación de capas de información, las computadoras de escritorio cuentan con el software que se describe a continuación:

- a) *Google Earth*. Permite crear datos vectoriales, generando una serie de puntos de algún área de interés que pueden ser guardados en archivos en formato KML (*Keyhole Markup Language*), lenguaje

basado en XML para representar datos geográficos. Este archivo contiene título, una descripción básica del lugar, sus coordenadas (latitud y longitud), entre otra información.

- b) Clientes SIG. Permiten visualizar y analizar datos geográficos, hacer integración de datos vectoriales y tabulares. Ejemplos: *Quantum GIS*, *SvGIS* o el Mapa Digital de México versión de escritorio. Permiten generar los archivos requeridos para la publicación de la capa en web (*shape*, *project*, *dbf*, *shx*).
- c) Software *Toad Data Modeler* para crear los diagramas conceptuales de base de datos asociados a las capas de información.
- d) Manejador de Bases de Datos *PostgreSQL* para gestionar los datos asociados a la capa, así como las librerías *PostGIS* para los datos geográficos.
- e) Ambiente de Desarrollo de Aplicaciones *NetBeans 7* considerando el uso de *GIT* y el uso de servicios tipo REST.

### 4. Resultados

Gracias a la participación en este proyecto estudiantes de la carrera de ITIC y profesores han tenido la oportunidad de estar vinculados a un contexto real y generar un producto de servicio a la comunidad. A través de ello han desarrollado las habilidades para la construcción de sistemas de información geográfica en Web, así como también las habilidades de investigación, autoaprendizaje y colaboración.

El desarrollo de sistemas de información geográfica permite incentivar a los alumnos y profesores del área de Tecnologías de Información a profundizar en un área que no ha sido explotada todavía en México y que puede significar su ventaja competitiva con respecto a otros profesionistas de la región. Aunque quizás en esta etapa del proyecto el impacto ha sido sobre relativamente pocos alumnos del área de ITIC, consideramos que el impacto del proyecto será cada vez mayor ahora que se cuente con el prototipo terminado y que pueda ser utilizado por la comunidad estudiantil de diferentes áreas académicas, contextualizando su aprendizaje a través de la realización de proyectos relacionados con la región lagunera. Esta experiencia abre además la posibilidad de poder preparar un tópico sobre tecnologías geoespaciales para diferentes carreras, diseñar un curso de capacitación para profesores y alumnos en el uso de estas herramientas, así como preparar un tópico específico para los

alumnos del área de Tecnologías de Información.

CIEGLAG cuenta ya con una plataforma tecnológica básica y un prototipo del Sistema de Información Georreferenciada. Este prototipo dará servicio a una gran comunidad de usuarios (comunidad, universidades, gobierno, futuros inversionistas) ya que permite consultar información demográfica y de negocios a nivel regional, municipal o en base a filtros específicos en el mapa como un radio o un polígono generado directamente a través de herramientas de visualización.

El prototipo desarrollado, sin embargo, cuenta actualmente con solo algunas capas de información y presenta vulnerabilidades en cuanto a desempeño y seguridad. Para que el sistema puede ser utilizado por múltiples usuarios (estudiantes, profesores, empresas, gobierno, etc.), es necesario contar con una seguridad apropiada. Además, para poder atender a múltiples usuarios con buen tiempo de respuesta es necesario contar con una apropiada configuración del servidor y un ancho de banda que permita que el usuario pueda consultar y analizar la información sin demora.

## 5. Reconocimientos

Se agradece al Fondo Novus 2013 del Tecnológico de Monterrey por el apoyo otorgado al proyecto. Además, se agradece en particular a Rectoría Zona Norte por el apoyo económico brindado para obtener la mentoría sobre el desarrollo de sistemas de información geográfica.

## 6. Referencias

- [1] Future trends in geospatial information management: the five to ten year vision, Enero 2013. [En línea]. Disponible: <https://ggim.un.org/docs/meetings/2ndHighLevelForum/UN-GGIM%20Future%20Trends%20Paper%20-%20Version%202.0.pdf>.
- [2] D. DiBiase, T. Corbin, T. Fox, J. Francica, K. Green, J. Jackson, G. Jeffress, B. Jones, B. Jones, J. Mennis, K. Schuckman y C. & V. S. J. Smith, The New Geospatial Technology Competency Model: Bringing Workforce Needs Into Focus, *URISA Journal*, Vol. 22, No. 2, pp. 55-72, 2010.
- [3] B. Tomaszewski y E. Holden, The Geographic Information Science and Technology and Information Technology Bodies of Knowledge: An Ontological Alignment, *Proceedings of the 13th annual conference on Information technology education (SIGITE '12)*, Calgary, Alberta, Canada, Octubre 11-13, 2012.
- [4] L. C. Mancilla, Digital Map of Mexico, *Tenth United Nations Regional Cartographic Conference for the Americas*, New York, USA, Agosto 2013.