

Diseño e Implementación de un Geoportal Catastral para Visualización de Cartografía e Integración de Servicios Geoespaciales

Design and Implementation of a Cadastral Geoportal for Cartography Visualization and Integration of Geospatial Services

***Gaytán-Lugo, M.S., Fariás-Mendoza, N., Chávez-Valdez, R.E., Cervantes-Zambrano, F.**

Instituto Tecnológico de Colima; C.P. 28976, Villa de Álvarez, Colima, México.

*martingaytan.lugo@gmail.com; nfarias@colima.tecnm.mx; echavez@colima.tecnm.mx;
francisco.cervantes@colima.tecnm.mx

Innovación Tecnológica: Este trabajo de investigación presenta un enfoque innovador que implementa la interoperabilidad entre dependencias gubernamentales para el manejo de la información geoespacial a través de herramientas de código abierto.

Áreas de aplicación industrial: Sectores productivos y dependencias gubernamentales con exigencias en procesamiento de información geoespacial.

Recibido: 10 diciembre 2019

Aceptado: 18 junio 2020

Abstract

Considering that granting information access is a key element for the development of a country, it remains essential that the Government searches and implements the strategies or methods required so that the aforementioned service to any citizen is guaranteed. In Mexico the General Transparency and Public Access to Information Law, disclosed by the Official Journal of the Federation, regulates Governmental Agencies, and it seeks to guarantee the right to access the information generated by these Agencies; amongst these Agencies there are Cadastral Departments in charge of Geospatial Information. In the State of Colima, the Cadastral Office has at its disposal a system to grant access to Cadastral Information, however, the system no longer suffices its services and lacks availability, due to being implemented with licensed software. This applied research introduces the design and implementation of a Cadastral Geoportal for the Visualization of Cartography and Integration of Geospatial Services, starting its development in March 2019, utilizing open code technologies. The development methodology Agile Unified Process (AUP) was selected for the software engineering process, given that it allows managing

risks and prioritizing system functionalities, making incremental deliveries in each iteration. As a result, in November 2019 a Geoportal was implemented; including a cartographic visualizer for rendering and layer consultation, an administration module to manage layers, geospatial services and users, a geospatial services module with the Map Web Service standard so that information can be interoperable. The implementation of the Cadastral Geoportal implied a development with innovative vision, utilizing open code tools (Leaflet, CodeIgniter, GeoServer, PostGIS, among others) that allow costs reduction and a broader availability of information for users and cadastral departments, as well as the interoperability of information between different governmental agencies.

Key words: Cadastre, Cadastral Innovation, Cartography, Geoportal.

Resumen

Considerando que el acceso a la información es un elemento clave para el desarrollo de un país, es esencial que el gobierno busque e implemente las estrategias y/o métodos necesarios para garantizar dicho servicio a cualquier ciudadano. En México los organismos gubernamentales están regulados por la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública expuesta en el Diario Oficial de la Federación, la cual, busca asegurar el derecho a la información generada por los mismos; entre dichos organismos se encuentran los departamentos catastrales, quienes son generadores de información geoespacial. En el Estado de Colima, la Dirección de Catastro dispone de un sistema para brindar el acceso a la información catastral, sin embargo, dicho sistema se ha visto rebasado en los servicios que presta y en la disponibilidad de este, por estar implementado con software de licenciamiento. Esta investigación aplicada presenta el diseño e implementación de un Geoportal Catastral para la Visualización de Cartografía e Integración de Servicios Geoespaciales desarrollado a partir de marzo de 2019 utilizando tecnologías de código abierto. Para el proceso de ingeniería de software se optó por la metodología de desarrollo Proceso Unificado Ágil (PUA), porque permite gestionar riesgos y priorizar las funcionalidades del sistema, haciendo entregas incrementales en cada iteración. Como resultado, se implementó a partir de noviembre de 2019 un Geoportal que incluye un visualizador cartográfico para la renderización y consulta de capas, un módulo de administración para la gestión de capas, servicios geoespaciales y usuarios, y un módulo de servicios geoespaciales con el estándar Servicio Web de Mapas para que la información pueda ser interoperable. La implementación del Geoportal Catastral implicó un desarrollo con visión innovadora utilizando herramientas de código abierto (Leaflet, CodeIgniter, GeoServer, PostGIS, entre otros) que permiten una reducción de costos y una mayor disponibilidad de la información para los usuarios y dependencias catastrales, así como la interoperabilidad de esta información entre distintas dependencias gubernamentales.

Palabras Clave: Cartografía, Catastro, Geoportal, Innovación Catastral.

1. Introducción

El acceso a la información tiene un papel importante en el desarrollo de un país, tanto para el sector privado, como para el sector gubernamental, ya que proporciona la posibilidad de contar con los datos necesarios para abatir los retos que se imponen para los sistemas político, económico y social. El crecimiento acelerado de la información en todas sus formas, demanda sistemas adecuados para una eficiente manipulación y entrega de la misma (de Cárdenas Cristia y Jiménez Hernández, 2007). Es por esto que los gobiernos deben buscar las estrategias para brindar un servicio de calidad en el acceso a la información. En México, La Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública, en su Artículo 1, plantea como objetivo establecer principios, bases generales y procedimientos para garantizar el acceso a la información de cualquier organismo que reciba recurso público. Para cumplir dicho objetivo, el uso de la tecnología se hace imprescindible, especialmente Internet. Los portales Web, en sus diferentes tipos, ofrecen puntos de entrada a la información a través de internet (Gómez, 2001), permitiendo una forma eficiente en la entrega de información y servicios hacia la ciudadanía en general.

Entre los organismos gubernamentales, se encuentran aquellos generadores de información geoespacial, es el caso de los departamentos catastrales. De acuerdo con Urteaga (2008), la importancia de catastro radica en ser una combinación entre varios factores (hacienda, cartografía, política y tecnología de información geoespacial), convirtiéndose en un sector que atrae la curiosidad de los profesionales. Por esta razón, la información catastral debe estar al alcance de todos, con sus respectivos límites en cuanto al acceso de la información regulado por las leyes de cada país.

En el mismo contexto, distintas instituciones y organizaciones han implementado planes y/o estrategias para optimizar los procesos de las instituciones catastrales y registrales en México. En 2010, el Instituto Nacional de Administración Pública A.C. (INAP) y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) presentaron un documento sobre la aprobación del modelo óptimo de catastro, dicho modelo planteó entre sus objetivos, el vincular la información entre el catastro, el Registro Público de la Propiedad (RPP) y otras instancias registrales para brindar certeza jurídica en la tenencia de la tierra haciendo uso eficiente de las tecnologías disponibles (SEDESOL, 2010). En 2012, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) publicó un documento llamado Mejores Prácticas Registrales y Catastrales en México, que reitera la importancia de la protección de los derechos de propiedad como condición de crecimiento y prosperidad, para lo cual, se resalta la necesidad de acciones para la modernización del RPP y los catastros, de tal forma que se exponen las mejores prácticas registrales y catastrales de los estados mexicanos, procurando que dichas entidades federativas sean tomadas como ejemplo de los resultados alcanzados en la modernización de estas dependencias. Algunas de estas entidades son Jalisco y Yucatán (OCDE, 2012); además, en la actualidad Guadalajara y Mérida son los municipios mejores calificados en el ámbito de transparencia (CIMTRA, 2019). Posteriormente en el 2017, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) dio a conocer un documento del Diagnóstico 2017 sobre el Programa de Modernización de los Registros Públicos de la Propiedad y catastro, dicho documento mantiene la importancia de la modernización del RPP y catastros para fortalecer los derechos sobre la propiedad; sin embargo, expone problemáticas persistentes en estas

instituciones como la falta de tecnología adecuada, desvinculación de la información registral y catastral, entre otras (SEDATU, 2017).

Por otro lado, existe una clasificación de portales Web que posibilitan el acceso a la información geoespacial denominados Geoportales. De acuerdo con Resch y Zimmer (2013) un Geoportal se compone de un visualizador de información geoespacial centrada en datos oficiales, como usos de tierras, áreas designadas de inundaciones, cartografía catastral, entre otras. Además, en dicho sistema, se deben integrar servicios estandarizados que permitan el descubrimiento, acceso y descarga de conjuntos de datos geoespaciales.

En el Estado de Colima, la Dirección de Catastro se encuentra adscrita al Instituto para el Registro del Territorio del Estado de Colima (IRTEC), siendo uno de sus objetivos el integrar y mantener actualizada la cartografía catastral del estado, que a su vez coadyuva con labores de ordenamiento y regulación del desarrollo urbano (Dirección de Catastro del Estado de Colima, 2019). Para el acceso a esa información, la Dirección de Catastro por presupuesto, contaba únicamente con un visualizador cartográfico en entorno Web con licencia de desarrollador de la API ArcGIS (ESRI, 2019), traduciéndose en una limitada disponibilidad de la información pues la licencia otorgaba 50 créditos mensuales, los cuales se consumían antes de los treinta días en diferentes operaciones (almacenamiento, consulta, entre otros), dejando el resto del mes sin servicio; además el visualizador desplegaba información alfanumérica incompleta relacionada a los objetos geoespaciales (para efectos de esta investigación, un objeto alude a una unidad de una capa, por ejemplo un predio, un establecimiento, una manzana, entre otros). Haber resuelto ese problema mediante una

ampliación de la licencia utilizando la misma tecnología, implicaba mayor erogación económica, dependiendo de las operaciones realizadas en el sistema, así como del paquete de licencia adquirido; además, técnicamente se hubiera tenido un rendimiento menos satisfactorio en servidores de mapas comparado con servidores como GeoServer o MapServer (Morales, 2013). Lo anterior motivó la búsqueda de mejores alternativas para el desarrollo de Geoportales, que superaran esas limitaciones.

Este artículo está seccionado en seis apartados principales: introducción con el planteamiento del problema, la revisión de la literatura y la propuesta de solución; materiales y equipo, que refiere las tecnologías utilizadas para la construcción del sistema; métodos experimentales, donde se detalla la metodología utilizada para el desarrollo de esta investigación; discusión de resultados, la cual presenta los hallazgos del Geoportal Catastral implementado así como la comparativa con los sistemas referidos en la revisión de la literatura; conclusiones, que hace énfasis en el cumplimiento del objetivo y los beneficios derivados del mismo; por último, la sección de referencias que da soporte a esta investigación aplicada.

1.1. Revisión de la literatura

El avance tecnológico ha permitido crear software para la construcción de Geoportales estandarizados, ya sean de uso comercial o de código abierto.

Kan, Wang y Wu (2011) desarrollaron un Geoportal para la gestión de los datos de seguridad ecológica de la meseta tibetana, proporcionando la posibilidad de integrar, enviar, publicar e intercambiar información geoespacial; dicho Geoportal se construyó

con software comercial, por lo tanto, su uso implica una erogación monetaria.

Becirspahic y Karabegovic (2015) realizaron un mapa interactivo con información del país de Bosnia y Herzegovina, de bajo costo por haber utilizado software de código abierto, sin embargo, el sistema integra una mínima cantidad de herramientas; además, por ser solo un mapa interactivo, carece de un módulo para la obtención de servicios geoespaciales, limitando a los usuarios a consultar la información desde el mapa interactivo.

Gonzalez Campos, Narváez Benalcázar y Bernabé Poveda (2017) presentaron una propuesta de un Geoportal Catastral para Ecuador, con el objetivo de que la información generada por sus departamentos catastrales pudiera ser interoperable y usable, permitiendo ser analizada por usuarios expertos y no expertos, con el resto de información territorial disponible; dicha propuesta es una investigación conceptual completa, que en la implementación tecnológica solo presenta un prototipo con los primeros resultados, destaca el cruce de capas con los datos del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Mejía (Ecuador).

Mora Maciel, Rosales Valenzuela y Vázquez Flores (2016) realizaron un análisis de una experiencia local generada por la Dirección General de Desarrollo Económico (DGDE) del gobierno municipal de Puerto Vallarta 2012-2015, al construir e implementar un Geoportal llamado SIGUE Vallarta con el objetivo de impulsar el desarrollo económico. Dicho sistema se conformó de siete plataformas utilizando como parte de sus tecnologías a Google Maps y arrojó un resultado alentador por el diseño segmentado que presenta; sin embargo, puede mejorarse aglomerando la información en capas estratificadas, que permitan consultar y visualizar información en una misma

plataforma, así como analizar diversas situaciones en un mismo espacio geográfico optimizando la navegación en el sitio.

Balancán Soberanis, Ruiz Moreno y Zazueta Acosta (2014) realizaron un proyecto atribuido a la Subcoordinación de Planeación Hídrica, en el que se implementó un Geoportal con el objetivo de poner a disposición de los usuarios información geoespacial y documental sobre los nuevos escenarios del cambio climático, y con esto tomar acciones oportunas con información precisa y actualizada para mitigar los riesgos ante dicho fenómeno. Los autores tomaron como fuente principal de información el Atlas de Vulnerabilidad en México ante el Cambio Climático en su versión 2014; el sistema se conformó por cuatro secciones, destaca la de “Mapas” que permite consultar la información geoespacial a través de un visualizador. GeoServer actuó como servidor de mapas, utilizando como fuente de datos directorios que contenían la información en formatos shape; no obstante, se considera que ofrecería mayor flexibilidad para la gestión de la información si utilizara un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) con extensión espacial.

Las aportaciones de los autores citados presentan soluciones parciales a la problemática planteada, en virtud de que la adopción de algunos de los sistemas revisados, impactaría en el presupuesto de la dependencia y cubrirían parcialmente sus necesidades para el acceso a la información catastral.

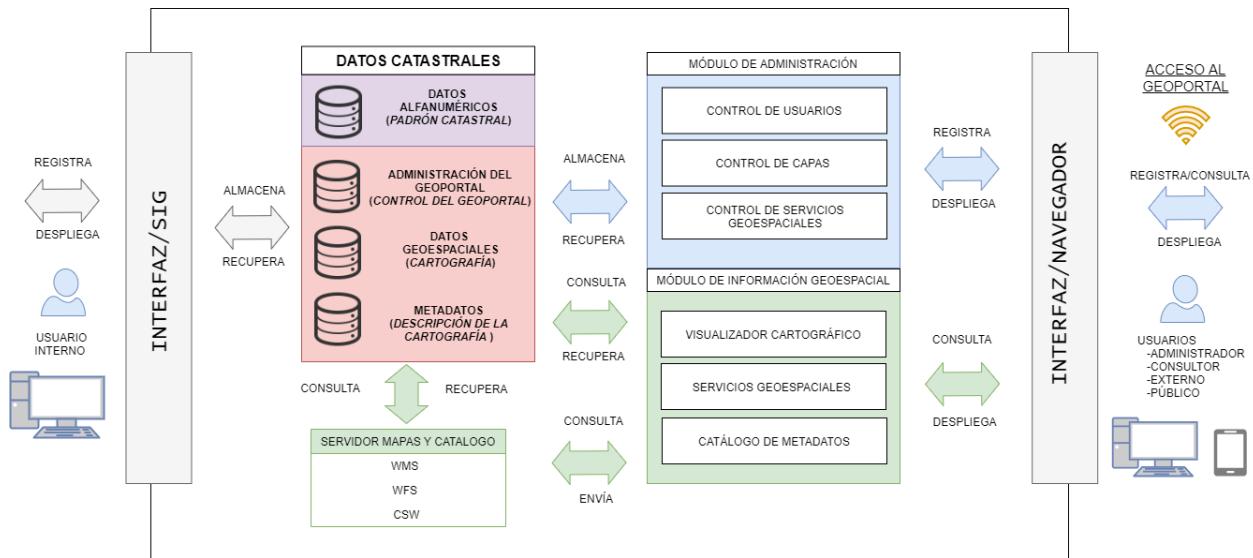
Por otro lado, en México existen distintos sitios Web pertenecientes a catastros o gobiernos municipales, tal es el caso de Mérida, que cuenta con un Geoportal que muestra cartografía catastral y considera las capas de ubicación de la policía municipal, escuelas, museos, hospitales, entre otras (Geoportal de Mérida, 2019). Guadalajara

utiliza una plataforma denominada Visor Urbano que muestra la información cartográfica catastral, zonificación y usos de suelos, así como tipo de negocios que se pueden abrir en una propiedad; además, cuenta con capacidad para incluir información para la gestión de licencias de construcción y negocios, entre otros (Gobierno de Guadalajara, 2019). Catastro del municipio de Colima muestra la información geoespacial mediante un visualizador cartográfico, en el que incluye su cartografía catastral junto con otras capas al igual que el Geoportal de Mérida (Gobierno Municipal de Colima, 2019). Los sitios mencionados cuentan con distintas herramientas, que en conjunto harían un visualizador más completo, por ejemplo, los de Mérida y Guadalajara permiten hacer búsqueda de objetos por sus atributos y muestran información relativa a cada objeto, los de Mérida y Colima presentan una clasificación más estructurada en el control de capas, y por último el de Colima muestra un mini-mapa base en una escala reducida, sin el conjunto de capas sobreuestas, dando la posibilidad al usuario de ubicarse sin necesidad de remover las capas del mapa principal.

De manera similar, España tiene un sitio Web llamado Sede Electrónica del Catastro que contiene un visualizador cartográfico con la información catastral del país y dispone de herramientas de descarga de información, consulta, búsqueda, medición, entre otras, todas ellas relacionadas a los objetos cartográficos; sin embargo, se considera que la diferencia más importante respecto a los sitios Web anteriormente citados, es que este contempla un módulo de servicios geoespaciales, brindando la característica de interoperabilidad (SEDECASTRO, 2019).

1.2 Propuesta de solución

Una vez revisada la literatura, se procedió con el desarrollo e implementación de un Geoportal Catastral que incluye servicios geoespaciales estandarizados, utilizando herramientas de código abierto, con un enfoque innovador centrado en la interoperabilidad, el cual, dio solución a la problemática que presentaba de la Dirección de Catastro del Estado de Colima, originada por un visualizador cartográfico que ofrecía una disponibilidad de la información limitada por una licencia comercial con privilegios insuficientes para las necesidades y presupuesto de la dependencia.



La Figura 1, modelo conceptual del Geoportal Catastral presenta el sistema propuesto desarrollado e implementado en esta investigación aplicada; muestra a los usuarios encargados de las operaciones cartográficas que realizan el registro de las actualizaciones en la base de datos geoespacial a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Para dar seguridad a los datos catastrales, la información se dividió en cuatro bases de datos, las cuales se encuentran en dos SGBD; por una parte, un SGBD para la información alfanumérica retomada del sistema original, donde se encuentra la información del padrón catastral y; por otra, un SGBD para la información de la administración del Geoportal que guarda los registros para el control correspondiente, los datos geoespaciales que aluden a la cartografía catastral y sus respectivos metadatos que se refieren a la descripción de la cartografía. Cabe resaltar que los metadatos se encuentran en proceso y están siendo estructurados conforme la Norma Técnica para la Elaboración de Metadatos Geográficos (NTM) documentada por el Instituto Nacional de Estadística y Geográfica (INEGI).

El servidor de mapas realiza peticiones a la base de datos geoespacial para ofrecer los estándares de Servicio Web de Mapas (WMS, por sus siglas en inglés) y conforme al Consorcio Abierto Geoespacial (OGC, por sus siglas en inglés). Está considerado que el Servicio de Características Web (WFS, por sus siglas en inglés) y el Servicio de Catálogo Web (CSW, por sus siglas en inglés) faciliten la búsqueda y descarga de datos geoespaciales.

Para un control óptimo del Geoportal, el módulo de administración brinda la gestión de usuarios, capas y servicios geoespaciales, el cual, solo está disponible para el usuario con rol de “Administrador”. El primero permite la asignación de privilegios a los usuarios; el segundo, facilita la incorporación de capas que pueden tener diversos orígenes, entre ellos, la misma dependencia catastral configurada previamente en el servidor de mapas, o bien, externos obtenidos de un WMS y mapas bases gratuitos; el último permite activar y desactivar los servicios geoespaciales.

El módulo de información geoespacial consume los servicios estandarizados WMS, WFS y CSW, para disponer de un visualizador cartográfico, encargado de la renderización de la información geoespacial en capas estratificadas a través del servicio WMS; mientras que para el despliegue de información relacionada a cada objeto geoespacial, se utiliza el lenguaje del lado del servidor para hacer peticiones a la base de datos geoespacial y, en caso de que dicho objeto sea un predio, también se realizan peticiones a la base datos alfanumérica, de la cual se obtienen los datos restantes, reduciendo el tamaño de la base de datos geoespacial, al agregar solo los campos necesarios y de carácter público, buscando paralelamente brindar mayor seguridad; asimismo, para el despliegue de información de objetos externos, se utiliza la operación “GetFeatureInfo” del estándar WMS. Los servicios geoespaciales contienen las direcciones necesarias con los estándares mencionados, para la interoperabilidad de la información catastral desde otros Geoportales o SIG. El caso del catálogo de metadatos está soportado en un servidor especializado que proporciona el servicio de manera gratuita.

Por último, los usuarios finales del Geoportal acceden a través de cualquier navegador de internet, sin embargo, si se desea consultar la información cartográfica desde otros sistemas como pudiera ser un SIG, el usuario puede hacerlo mediante los servicios geoespaciales. La información desplegada en el Geoportal depende del tipo de rol con el que se accede; cabe mencionar que los usuarios con rol “Público” no necesitan iniciar sesión; sin embargo, son los que tienen menor cantidad de privilegios.

La propuesta implementada se alineó a los objetivos del IRTEC, el cual trata de proporcionar un servicio registral, catastral y territorial para garantizar certeza jurídica

sobre del patrimonio de los habitantes del Estado de Colima (IRTEC, 2019), de tal forma que cuando la información es accesible para cualquier usuario, estos pueden consultar los tipos de propiedades y sus datos en un entorno geográfico. Se proyecta como una adaptación a su sistema Web mediante un vínculo desde su sitio. El riesgo principal de este sistema podría ocurrir cuando la dependencia Catastral se demore en hacer las actualizaciones cartográficas y de información alfanumérica, causando inconsistencias de datos.

2. Materiales y equipo

Para el almacenamiento de las bases de datos se optó por el SGBD PostgreSQL junto con su extensión PostGIS. La elección de PostgreSQL se sustenta en el rendimiento (estabilidad, desempeño, escalabilidad, entre otros) que ofrece sobre MySQL para el manejo de datos geoespaciales (Ballatore, Tahir, McArdle y Bertolotto, 2011). En el caso del servidor de mapas, se seleccionó GeoServer, ya que brinda una mejor interfaz de administración en comparación con MapServer (Nazareno Solis, 2018), lo cual, agiliza el proceso para el manejo de la interfaz del administrador del sistema; además, como servidor de catálogo se ha contemplado GeoNetwork, el cual, está desarrollado bajo la misma tecnología que GeoServer (Java). Para el visualizador cartográfico se involucraron diferentes tecnologías. Del lado del servidor se utilizó el lenguaje PHP sobre el patrón Modelo Vista Controlador (MVC) mediante el framework CodeIgniter, lo que permite que el sistema sea escalable, reduciendo el tiempo de mantenimiento y su actualización (Fernández Romero y Díaz González, 2012). Del lado del cliente se utilizaron tecnologías comunes para el desarrollo Web como HTML5, CSS3, jQuery y Bootstrap para un desarrollo eficiente y responsivo; sin

embargo, la librería elegida para la construcción del visualizador fue Leaflet debido a su simpleza para la confección del código, lo que permite crear herramientas personalizadas con bastante facilidad; además, el núcleo de Leaflet es bastante ligero (menor a 1mb), y en caso de no tener las funcionalidades requeridas, es suficiente con anexar los plugin desarrollados por la comunidad o bien incorporar un componente propio (Morales, 2016).

3. Métodos experimentales

Para el desarrollo e implementación del

sistema propuesto en esta investigación, se utilizó la metodología de Proceso Unificado Ágil (PUA), la cual se estructura en cuatro fases (Incepción, Elaboración, Construcción y Transición) y a su vez, de siete disciplinas, cuatro técnicas (Modelado, Implementación, Pruebas, Despliegue) y tres de apoyo (Gestión de la configuración, Gestión del Proyecto y Ambiente), las cuales presentan una variación de carga a lo largo del recorrido de las fases, estas se operan mediante iteraciones que definen los incrementos del producto de software. La Figura 2 muestra la conceptualización de la metodología.

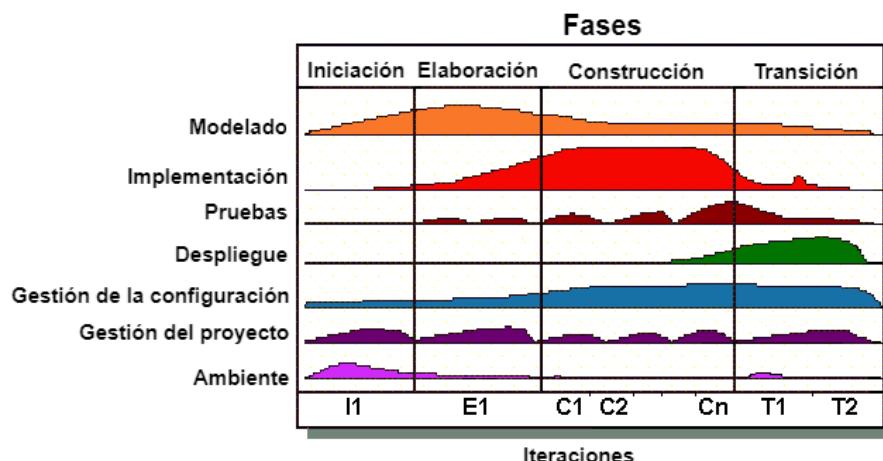


Figura 2. Metodología PUA (Ambler, 2005).

De acuerdo con Ambler (2005) esta metodología es una versión simplificada del Proceso Unificado Racional (RUP, por sus siglas en inglés), ofreciendo un enfoque simple y fácil de entender; además, admite entregas parciales, siendo esta una de las razones principales de su selección, debido a que se establecen iteraciones en las que se incluyen las necesidades con los requisitos del sistema priorizados y que representan un incremento en el software.

La metodología se aplicó como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Gestión del proyecto.

Fases	Semanas	Periodo
Iniciación (investigación documental y de campo)	8	Del 4 de marzo al 28 de abril de 2019
Elaboración	4	Del 29 de abril al 26 de mayo de 2019
Construcción	24	Del 27 de mayo al 10 de noviembre de 2019
Transición	24	Del 27 de mayo al 10 de noviembre de 2019

En la fase de iniciación, llevada a cabo en los meses marzo-abril de 2019, se realizó investigación documental y de campo para determinar la visión y alcance del proyecto, las cuales se describen a continuación:

- Investigación documental: se indagó en la normatividad que rige los servicios catastrales en el estado, la estructura y funciones de la dependencia, así como los sistemas de información que tienen habilitados y los procesos que realizan los actores involucrados. Posteriormente se indagó sobre las soluciones existentes de sistemas de información Web utilizados para brindar acceso a la información geoespacial, así como los estándares del OGC empleados para el proceso de intercambio de información geoespacial. Aunado a lo anterior, se revisó la NTM, la cual se utiliza actualmente en el país de México para la descripción de metadatos geográficos.
- Investigación de campo: Se realizaron entrevistas semiestructuradas a seis empleados de los doce trabajadores que integran la Dirección de Catastro, cinco operadores del sistema (cuatro encargados de labores cartográficas y uno encargado de la administración de sistemas) y al director responsable de la dependencia; la información que proporcionaron los operadores permitió conocer los formatos que los catastros municipales utilizan para el envío de información, su proceso de actualización, el software involucrado, el sistema de referencia de coordenadas manejado por catastro, el conjunto de datos trabajado (predios urbanos, calles, carreteras, entre otros) y su

despliegue en el visualizador Web anterior; en tanto del director, se obtuvo información sobre las limitaciones del presupuesto y el personal disponible para operar el sistema. La recopilación de información de los procesos catastrales dio origen a la definición de requisitos funcionales y no funcionales del sistema planteado, resaltando que los referentes a servicios geoespaciales (WMS, WFS y CSW) estaban previamente definidos por la dependencia.

En la fase de elaboración, realizada en los meses de abril-mayo de 2019, se definieron los modelos UML de despliegue, casos de uso, de requisitos, de clases, de datos y de interfaces, que permitieron proyectar la arquitectura con la definición de requerimientos y el diseño del sistema.

Para las fases de construcción y transición, se optó por cuatro iteraciones de seis semanas cada una, las cuales corresponden al periodo de mayo a noviembre de 2019; estas iteraciones atendieron los casos de uso obtenidos. En la implementación se codificaron las clases y se crearon las bases de datos; además, se aplicaron pruebas de caja negra, caja blanca y de integración, así como pruebas de aceptación con los usuarios y responsables de la dependencia. Para la gestión de la configuración, se integró una interfaz que permite la administración de capas, servicios geoespaciales y usuarios; sin embargo, debido a un problema provisional de red, los incrementos parciales se implantaron en un entorno de preproducción, es decir, solo accesible para usuarios internos. Para el ambiente se optó por trabajar con software de código abierto cumpliendo el objetivo de construir el sistema bajo esta premisa; no obstante, se revisó que el software cumpliera con los estándares necesarios para su

interoperabilidad. Todas las etapas mencionadas se trabajaron bajo la gestión del proyecto, donde se realizó un cronograma de actividades, especificando las funcionalidades que integraron cada incremento, así como los tiempos de entrega y sus responsables.

Cabe mencionar que durante el desarrollo del sistema los usuarios internos tuvieron alta disposición para colaborar; no obstante, por su carga de trabajo los tiempos de atención eran reducidos. Por tanto, algunos procesos se validaron con los responsables de la dependencia.

4. Discusión de resultados

Como resultado de esta investigación aplicada se obtuvo un visualizador de cartografía catastral y capas externas, un módulo de integración de servicios

geoespaciales y un módulo de administración para el Geoportal Catastral, permitiendo atender las áreas de oportunidad en contraste con la disponibilidad ofertada por el sistema anterior.

El visualizador integra distintas herramientas que buscan facilitar la consulta de la información requerida por parte de los usuarios. Las herramientas que son consideradas más importantes para el visualizador se describen a continuación: En la Figura 3 se muestra una herramienta fundamental del visualizador cartográfico, esta les permite hacer búsquedas de objetos (únicamente predios) a través de sus atributos (clave catastral, propietario y domicilio), tratando de disminuir el tiempo de ubicación de los objetos deseados; por protección de la información para el caso de los usuarios con roles “Público” o “Externo” no se habilita el atributo “propietario”.

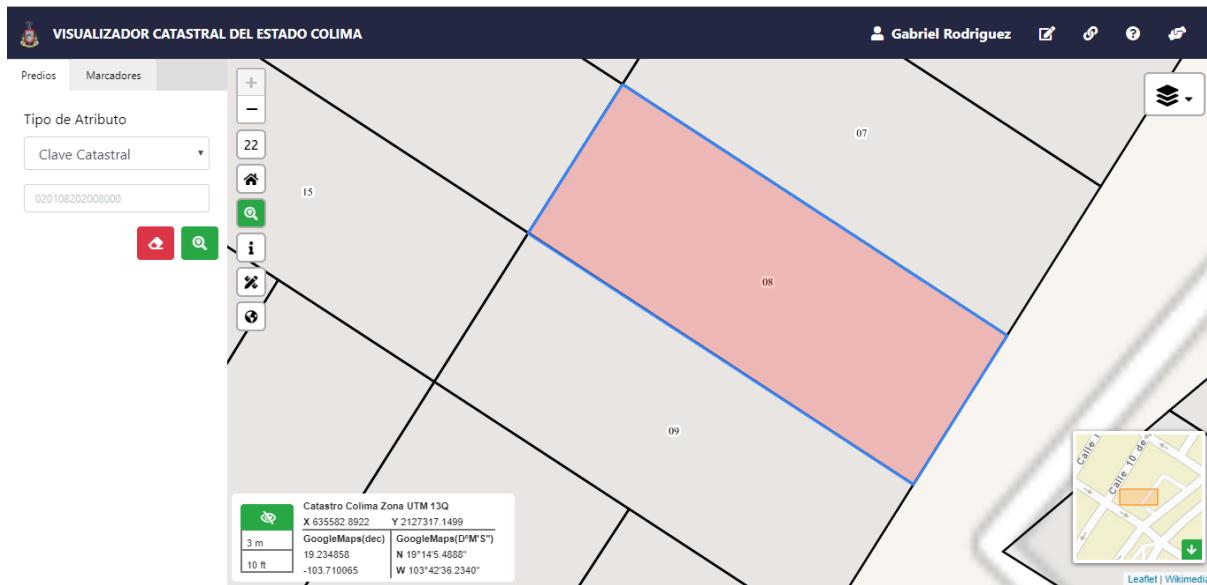


Figura 3. Buscador de objetos.

Además, debido a necesidades contextuales, se agregó un buscador de coordenadas mediante la inserción de marcadores utilizando los sistemas de referencia

coordenadas de catastro (EPSG:32613) y Google Maps (EPSG:4326), permitiendo verificar si los objetos están correctamente ubicados (Ver Figura 4).

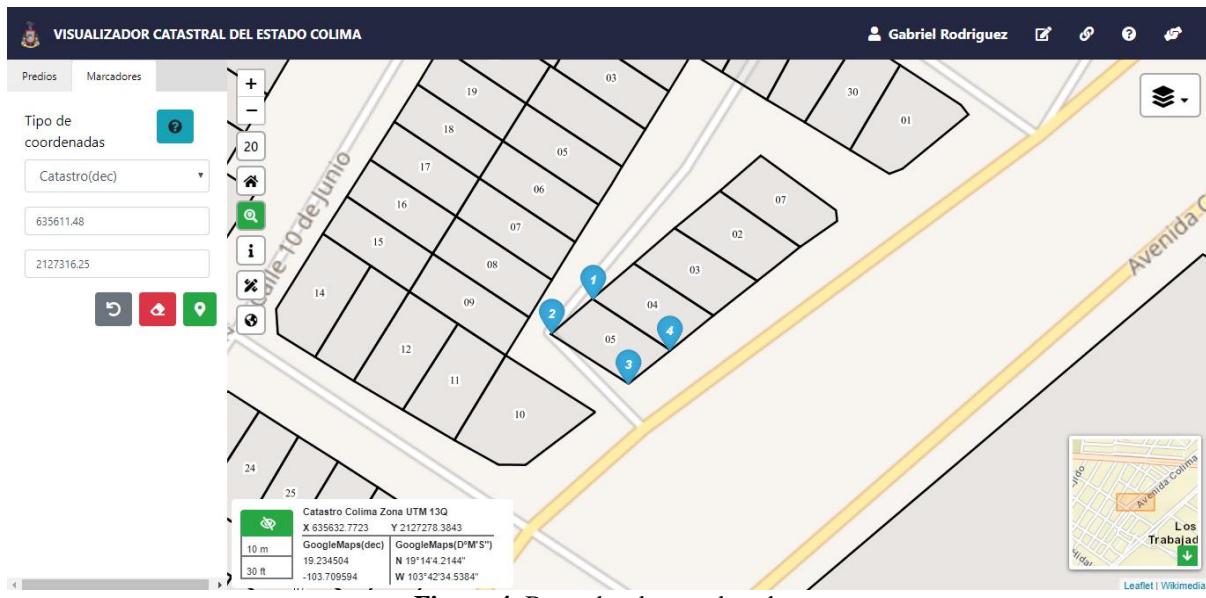


Figura 4. Buscador de coordenadas.

Para la consulta de información sobre los objetos, se integraron dos herramientas en el visualizador cartográfico, que se activan mediante un clic en el botón indicado, siendo uno para objetos catastrales y otro para objetos externos; posteriormente se realiza otro clic sobre el objeto que se desea consultar. Cuando se desea obtener información sobre objetos catastrales, si el objeto no tiene relación con el padrón catastral (manzanas, calles, entre otros), esta

se muestra por medio de una ventana emergente, mientras que cuando el objeto pertenece al padrón (predios urbanos, predios rústicos, entre otros) la información aparece por medio de una interfaz, en la cual se distribuye la información categorizada en pestañas distintas (Ver Figura 5). Es importante señalar que, por protección de la información, los datos desplegados en la interfaz varían de acuerdo con el tipo de rol con el que se accede al sistema.

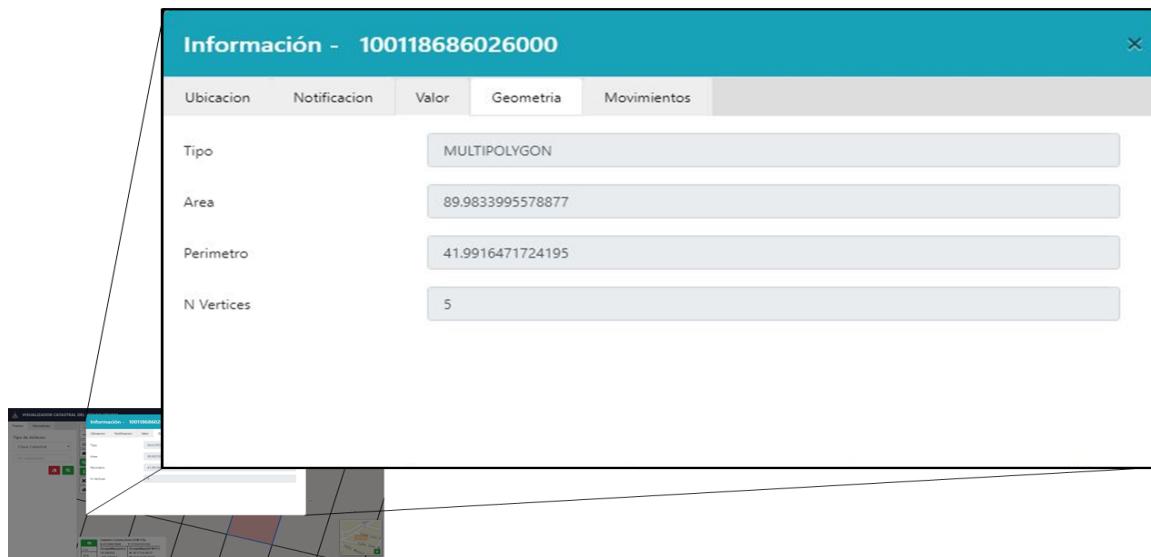


Figura 5. Interfaz de información de objetos del padrón catastral.

Por otra parte, cuando se realizan peticiones de información de objetos externos, estas se producen mediante el estándar WMS a través de su operación “GetFeatureInfo”,

presentando la información en una ventana emergente con formato tabla - text/html (Ver Figura 6).



Figura 6. Interfaz de información de objetos externos.

El control de capas del visualizador se integró mediante una interfaz que pretende que el usuario identifique las capas con

mayor facilidad, para esto, se clasificaron en tres tipos, siendo estas catastrales, externas y mapas base (Ver Figura 7).

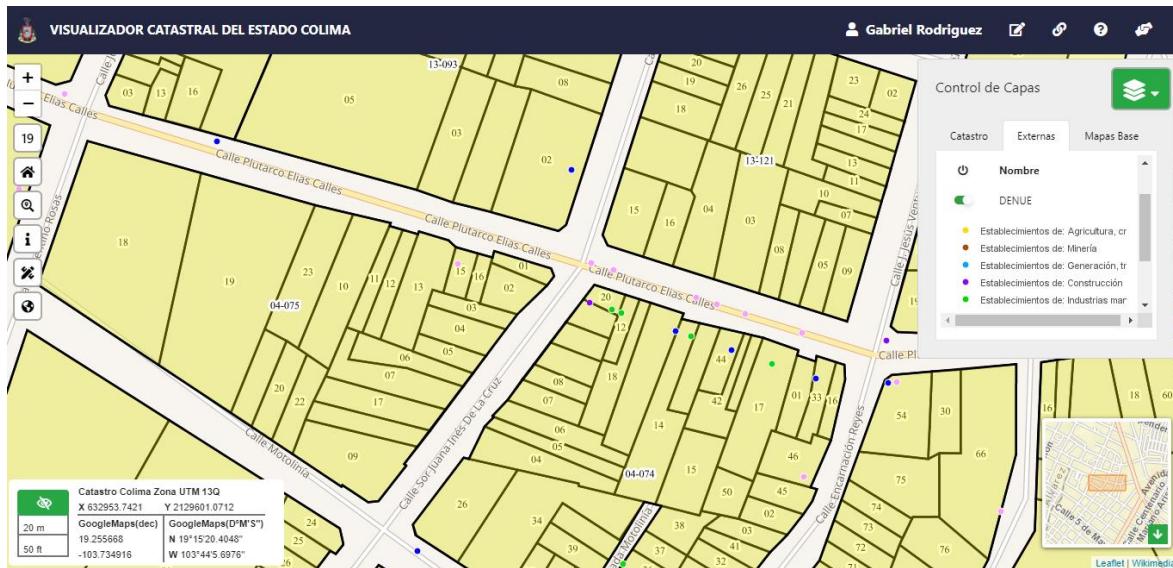


Figura 7. Control de capas.

Cabe mencionar que el visualizador cuenta con herramientas de medición de distancia y área, ubicación del usuario por gps, un minimaña, obtención de coordenadas mediante eventos de pasar el ratón por encima y clic, obtención de nivel de zum y escala, entre otros.

En otro orden de ideas, con la finalidad de cumplir con el requerimiento de consulta de la información catastral desde otros sistemas Web o SIG, se integró el módulo de servicios geoespaciales (Ver Figura 8), donde se despliega la dirección del estándar WMS provenientes del servidor de mapas GeoServer (Ver Figura 9).



Figura 8. Módulo de servicios geoespaciales.

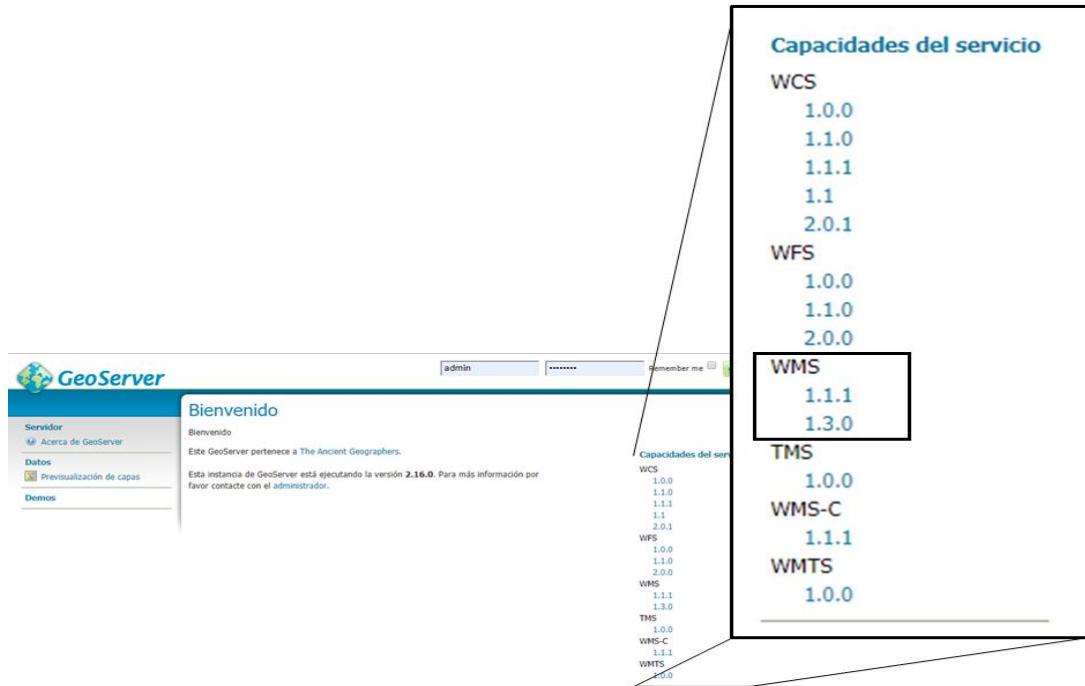


Figura 9. Servidor de mapas GeoServer.

Para confirmar el funcionamiento del estándar WMS, se configuró una conexión desde un software SIG gratuito llamado

QGIS y posteriormente se visualizó la capa de municipios (Ver Figura 10).

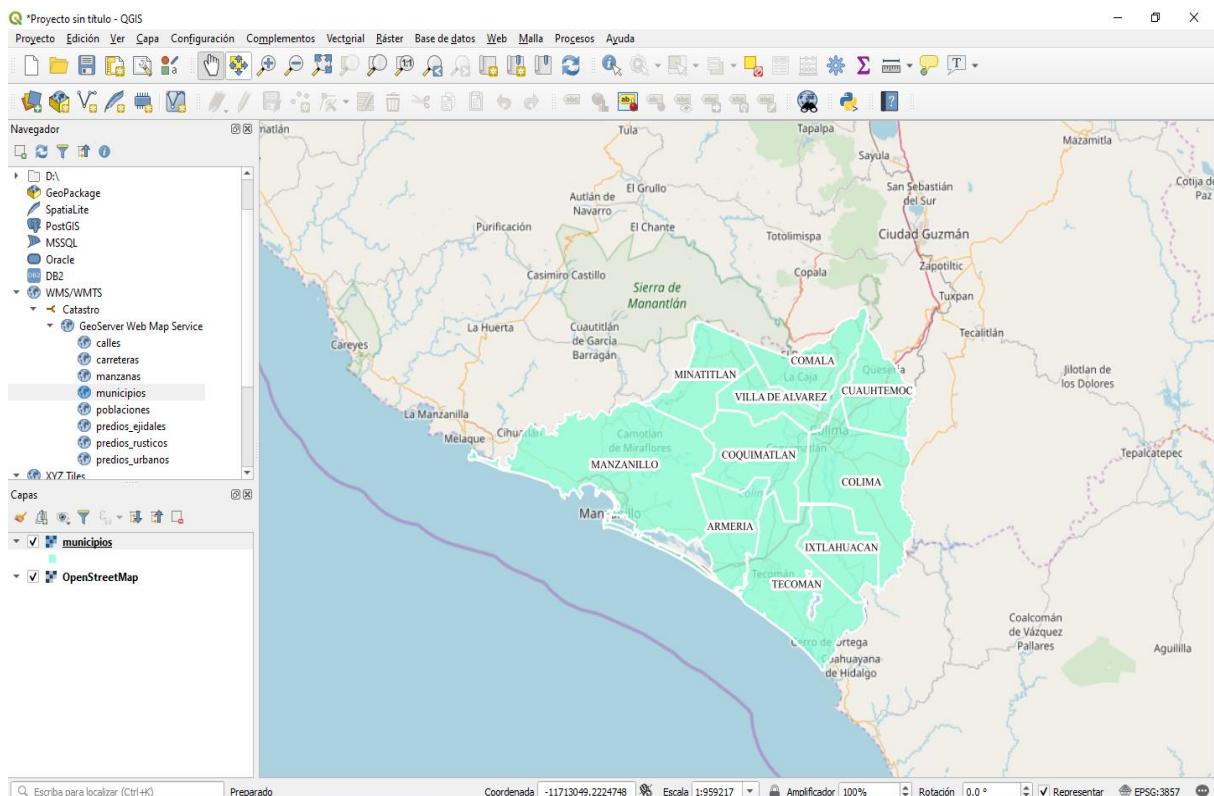


Figura 10. Capa de municipios del WMS catastral consultada desde QGIS.

Las operaciones anteriores mostradas en las Figuras 6 y 10, promueven el concepto de interoperabilidad entre las instituciones, en donde se intercambia información sin necesidad de tenerla almacenada en los propios servidores de quien realiza la consulta, obteniendo excelentes bondades, por ejemplo, se evita la duplicidad de información, aminorando costos de almacenamiento; además, las modificaciones de la información son realizadas por sus propietarios y mostradas automáticamente en cada sistema que consume el servicio, disminuyendo el tiempo de actualización en la información transmitida.

Por último, en la Figura 11, se muestra la interfaz que utiliza el usuario administrador para la gestión de capas, servicios geoespaciales y usuarios, promoviendo un mayor control de la información, ya que, a través de esta, permite al usuario con rol de “Administrador” cambiar las direcciones mostradas en el módulo de servicios geoespacial (Ver Figura 8), realizar el registro de otros usuarios con su respectivo rol para la restricción de la información y registrar las capas deseadas.



Figura 11. Interfaz de administración del Geoportal.

Para la captura de capas, el usuario “Administrador” decide que capas serán observables en el visualizador y sus respectivos atributos, alguno de estos son zum máximo, zum mínimo, orden de las capas, descriptor de capa con estilo (SLD, por sus siglas en inglés), capas vinculadas al

padrón, entre otros; además, se desarrolló un área de pruebas para las capas (Ver Figura 12) con el objetivo de cerciorarse de que la información capturada, renderice las capas deseadas, mostrándolas en un “mini-visualizador”, evitando errores de registro en la base de datos.

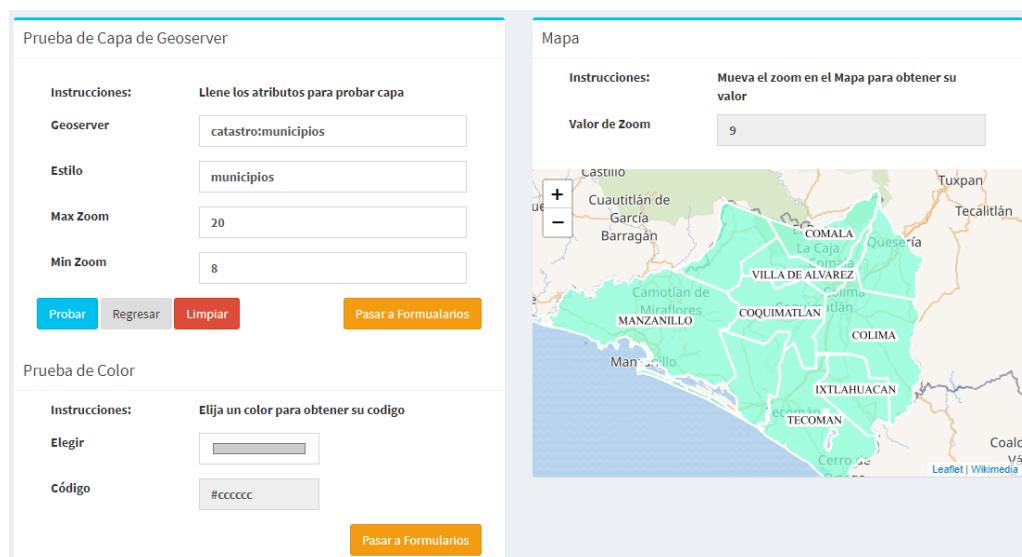


Figura 12. Módulo de pruebas para capas catastrales.

La Tabla 2, muestra una comparación entre las herramientas ofrecidas por los sitios analizados en la revisión de la literatura, el

sistema catastral anterior y el desarrollado e implementado en esta investigación.

Tabla 2. Comparación de herramientas ofrecidas entre sitios catastrales.

Herramientas	Geoportal Mérida	Visor Urbano de Guadalajara	Visualizador Cartográfico de Colima	Sistema Anterior Catastral	Sede Electrónica del Catastro (España)	Sistema propuesto
Buscador de Objetos	✓	✓	X	✓	✓	✓
Buscador de coordenadas	✓	X	X	X	✓	✓
Información de objetos	✓	✓	X	X	✓	✓
Control de capas estructurado (clasificación de capas)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Medición	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ubicación	✓	X	✓	X	✓	✓
Servicios geoespaciales	X	X	X	X	✓	✓
Gestión de trámites desde el visualizador cartográfico	X	✓	X	X	X	X
Mini-mapa	X	X	✓	X	X	✓

Las herramientas presentadas en la Tabla 2 se relacionan con los requisitos definidos para resolver la problemática contextual presentada por la dependencia; en resumen, el Geoportal Catastral desarrollado e implementado integra una combinación de herramientas de los otros sitios Web que atienden las necesidades contextuales priorizadas.

Respecto a las investigaciones analizadas en la revisión de la literatura, el Geoportal Catastral presenta una serie de características que hacen de este, un sistema innovador y pertinente a las necesidades de la dependencia. Estas características son las siguientes:

- Bajo costo, por estar desarrollado con software libre.
- Interoperabilidad, por presentar un módulo de servicios geoespaciales

que permite consultar la información desde otros sistemas.

- Funcional, al ser un sistema probado y aceptado por los usuarios de la dependencia.
- Eficiencia, al integrar toda la información geoespacial en la misma interfaz, evitando esfuerzos de navegación.
- Flexibilidad, ya que utiliza un SGBD como almacén de los datos geoespaciales.

Por otro lado, el sistema desarrollado e implementado puede ser adoptado por otras instituciones generadoras de información geoespacial, realizando las adaptaciones de acuerdo con la estructura de trabajo de cada dependencia en los diferentes niveles de gobierno (Federal, Estatal, Municipal). En el Estado de Colima, el sistema fue desarrollado para la Dirección de Catastro

adscrita al IRTEC, en virtud de que se encarga del acopio de información generada por los catastros municipales, y actualmente cuenta con la infraestructura tecnológica para su despliegue. Sin embargo, el sistema es escalable para que la cartografía presentada pueda provenir de servicios WMS de los catastros municipales cuando ya cuenten con la infraestructura adecuada. Por lo anterior, se recomienda que cada institución que opere con información geoespacial, la disponga a través de servicios estandarizados que faciliten su interoperabilidad y consulta, contribuyendo a la transparencia del manejo de información.

5. Conclusiones

Actualmente la Dirección de Catastro del Estado de Colima, cuenta con el Geoportal Catastral para la Visualización de Cartografía e Integración de Servicios Geoespaciales, este favorece la disponibilidad de la información al estar construido con software libre y contener las herramientas necesarias para la consulta y análisis de las capas administradas por la dependencia. Además, fomenta la interoperabilidad entre las dependencias gubernamentales que operan información geoespacial, al tener la capacidad de ofrecer y admitir el servicio estandarizado WMS. Este desarrollo tecnológico contribuye de la siguiente manera:

- Evita la duplicidad de datos entre dependencias gubernamentales, cuando se desea mostrar o analizar información externa en sus sistemas.
- Actualiza la información automáticamente al ser consumida desde un servicio, en virtud de que cada organismo gubernamental que ofrece dichos estándares, se hace cargo de mantener actualizados sus datos geoespaciales.

- Reduce costos debido a que se disminuye el hardware necesario para el almacenamiento de datos externos y a su implementación con software libre.
- Utiliza el servicio estandarizado WMS, que permite retransmitir o consultar la información desde otros sistemas.
- Considera el servicio WMS abierto a los usuarios públicos, por lo que permite a cualquier usuario interesado, utilizar la información desde un SIG.
- Apoya las tareas de ordenamiento y regulación del desarrollo urbano, al mantener disponible e interoperable la información cartográfica.

De esta forma la implementación de un Geoportal Catastral para la visualización de cartografía y servicios geoespaciales estandarizados, contribuye al acceso ubicuo de la información geoespacial, a la reducción de costos y a la interoperabilidad de la información geoespacial entre dependencias.

6. Trabajo a Futuro

El Geoportal Catastral está diseñado con una arquitectura de componentes e implementado con tecnologías de acceso libre y de vanguardia, por ello el mantenimiento adaptativo está considerado y facilitará el escalamiento del sistema en el corto plazo; se podrán agregar los servicios estandarizados WFS y CSW; también podrán integrarse funcionalidades que faciliten las transacciones de cartografía desde el visualizador cartográfico, evitando que los usuarios tengan que utilizar SIG para dicho proceso, esa acción mejoraría el control de la información cartográfica y reduciría la cantidad de tecnologías para la implementación del Geoportal Catastral. Además, se sugiere agregar la gestión de

trámites que se realizan en la dependencia, lo cual optimizará el tiempo de atención al ciudadano.

7. Agradecimientos

En especial al CONACYT por mantener el Programa Nacional de Posgrado de Calidad e incentivar la formación en maestrías y doctorados, mediante el programa de Becas Nacionales; al Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Colima por el compromiso de los profesores, así como el trabajo colaborado y vinculado que realizan para la formación de capital humano, que permite brindar soluciones informáticas al sector productivo, gubernamental y de servicios en la región; a la Dirección de Catastro del Estado de Colima, por brindar la oportunidad y confianza de trabajar en el Geoportal Catastral.

8. Referencias

- Ambler, S. (2005). The Agile Unified Process (AUP). Recuperado desde: <http://www.ambyssoft.com/unifiedprocess/agileUP.html>.
- Balancán Soberanis, J. A., Ruiz Moreno, B. y Zazueta Acosta, I. (2014). Actualización y mejora de una plataforma computacional que incluye información geográfica y documental sobre cambio climático en México (TH1406.1). Recuperado desde: <http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1075/TH-1406.1.pdf>.
- Ballatore, A., Tahir, A., McArdle, G. y Bertolotto, M. (2011). "A Comparison of Open Source Geospatial Technologies for Web Mapping". *Int. J. Web Eng. Technol.*, 6(4), 354–374. <https://doi.org/10.1504/IJWET.2011.043440>.
- Becirspahic, L. y Karabegovic, A. (2015). Web portals for visualizing and searching spatial data. En *2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (pp. 305–311). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MIPRO.2015.7160284>.
- CIMTRA. (2019). 5 capitales aprueban, 47% cumple con indicadores para prevenir la corrupción. Recuperado desde: <http://www.cimtra.org.mx/portal/evaluacion-capitales-2019/#more-1214>.
- de Cárdenas Cristia, A. y Jiménez Hernández, N. (2007). "Acceso universal a la información: globalización, cultura y alfabetización". *ACIMED*, 15(1), 1–12.
- Dirección de Catastro del Estado de Colima. (10 de septiembre de 2019). Objetivos Generales. Recuperado desde: <http://www.catastroestado.col.gob.mx/objetivos.php>.
- ESRI. (15 de septiembre de 2019). ArcGIS for Developers. Recuperado desde: <https://developers.arcgis.com/javascript>.
- Fernández Romero, Y. y Díaz González, Y. (2012). "Patrón Modelo-Vista-Controlador". *Revista Telem@tica*, 11(1), 47–57.
- Geoportal de Mérida. (2019). Geoportal Mérida. Recuperado desde: <https://geoportal.merida.gob.mx>.
- Gobierno de Guadalajara. (2019). Visor Urbano. Recuperado desde: <https://visorurbano.com/info>.
- Gobierno Municipal de Colima. (2019). Cartografía. Recuperado desde: <https://www.catastrocolima.gob.mx/cartografia.html>.

- Gómez, J. C. G. (2001). "Portales de internet: concepto, tipología básica y desarrollo". *El Profesional de La Información*, 10(7–8), 4–13. <https://doi.org/10.1076/epri.10.7.4.9047>
- Gonzalez Campos, M. E., Narváez Benalcázar, R. y Bernabé Poveda, M. Á. (2017). "Necesidad de un geoportal catastral estandarizado, interoperable y usable". *Revista Cartográfica*, (95), 63–87. <https://doi.org/10.35424/rcar.v0i95.276>.
- IRTEC. (2019). Objetivos Generales. Recuperado desde: <http://www.irtec.col.gob.mx/index.php/detalle/contenido/ODUzNA==>.
- Kan, A., Wang, X. y Wu, X. (2011). Geospatial web portal for the Tibetan Plateau ecological safety data services. En *2011 19th International Conference on Geoinformatics* (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/GeoInformatics.2011.5980915>.
- Mora Maciel, A., Rosales Valenzuela, K., y Vázquez Flores, J. (2016). Los geoportales, una herramienta alternativa para el desarrollo económico local. El caso del SIGUE vallarta. *PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad*, 6(11). doi:<http://dx.doi.org/10.32870/Pk.a6n11.278>.
- Morales, A. (2013). ArcGIS for Server vs Open Source. Recuperado desde: <https://mappinggis.com/2012/07/arcgis-for-server-vs-open-source/>.
- Morales, A. (2016). OpenLayers vs Leaflet ¿cuál es mejor? Recuperado desde: <https://mappinggis.com/2016/11/openlayers-vs-leaflet-mejor>.
- Nazareno Solis, J. (2018). Automatización de la consulta de datos catastrales urbanísticos mediante un geoportal usando software gratuito, caso: GADMCR (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador.
- OCDE. (2012). *Mejores prácticas registrales y catastrales en México*. Ciudad de México: OECD Publishing.
- Resch, B. y Zimmer, B. (2013). "User Experience Design in Professional Map-Based Geo-Portals". *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2(4), 1015–1037. <https://doi.org/10.3390/ijgi2041015>.
- SEDATU. (2017). Programa de Modernización de los Registros Públicos de la Propiedad y Catastro. Recuperado desde: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/286722/Diagnóstico_Pp_U003_dic2017.pdf.
- SEDECASTRO. (2019). Sede Electrónica del Catastro. Recuperado desde: <https://www.sedecatastro.gob.es/>.
- SEDESOL. (2010). Modelo Óptimo de Catastro. Recuperado desde: <http://www.inapam.gob.mx/>.
- Urteaga, L. (2008). "Dos décadas de investigación sobre historia de la cartografía catastral". *CT-Catastro*, 63, 7–30.