



# Buenas prácticas para el desarrollo de mapas de ruido dinámicos en entornos Web GIS<sup>1</sup>

*Best practices development of dynamic noise map of Web GIS environment*

Sergio Andrés Castrillón Idárraga<sup>2</sup>, Claudia Elena Durango Vanegas<sup>3</sup>,  
Diego Mauricio Murillo Gómez<sup>4</sup>

Recibido: 1 de marzo de 2019 Aprobado: 23 de abril de 2019

**Resumen:** Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en entornos web (Web GIS) establecen una nueva forma de trabajar los geodatos basados en conexiones a internet. Los mapas de ruido son herramientas que permiten desplegar los niveles de ruido ambiental en una zona determinada, lo que posibilita el análisis espacial para apoyar la toma de decisiones en aspectos relacionados con el control del ruido. En la actualidad diferentes comunidades de SIG enfocan sus esfuerzos en identificar métodos para desarrollar proyectos SIG orientados a obtener geodatos de manera estática, y necesitan personal especializado para adquirir los geodatos. Además, estos métodos carecen de estrategias de educación, adquisición, manipulación y mantenimiento de los geodatos de forma dinámica. Por lo anterior, en este artículo se propone un método para desarrollar

aplicaciones Web GIS, que integra las fases en el desarrollo Web GIS y considera las buenas prácticas en el ciclo de desarrollo de metodologías ágiles y de proyectos SIG, con el fin de mejorar el proceso de adquisición de geodatos desde plataformas colaborativas. La validación de la propuesta se realiza mediante un caso de estudio de generación de mapas de ruido dinámicos para la ciudad de Medellín. Esta propuesta mejora el proceso de adquisición de geodatos dinámicos y el ciclo de desarrollo de una aplicación Web GIS, incorporando las buenas prácticas requeridas para el desarrollo del Web GIS.

**Palabras clave:** Geodatos, mapas de ruido, método de desarrollo, SIG, sistemas colaborativos, Web GIS.

1 Este artículo es resultado del proyecto de investigación "Evaluación de la contaminación por ruido mediante mapas dinámicos basados en información de densidad de tráfico adquirida en tiempo-real", de la tesis de maestría "Propuesta de un método para el desarrollo de aplicaciones Web GIS. Caso de estudio Mapas de Ruido Dinámicos" de la Universidad de San Buenaventura Medellín, y de la tesis doctoral "Definición de buenas prácticas en el desarrollo de sistemas de información geográfica utilizando el núcleo de Semat" de la Universidad Nacional de Colombia - sede Medellín.

2 Ingeniero de Sistemas, M.Sc. en Geoinformática, Universidad de San Buenaventura. Correo electrónico: sergioandres.castrillon@gmail.com

3 Ingeniera de Sistemas, magíster en Ingeniería de Sistemas, Ph.D en Ingeniería – Sistemas e Informática, Universidad de San Buenaventura. Correo electrónico: claudia.durango@usbmed.edu.co

4 Ingeniero de Sonido, Ph.D en Sonido y Vibraciones, Universidad de San Buenaventura. Correo electrónico: diego.murillo@usbmed.edu.co

**Abstract:** Geographic Information Systems (GIS) in web environments (Web GIS) sets up a new way of working geodata based on internet connections. Noise maps are tools which allows display of environmental noise levels in a specific area, enabling spatial analysis to support decision in aspects related to noise control. Currently, different GIS communities focus their efforts on finding methods for development of GIS projects aimed to obtain spatial data in a static way, requiring professional staff to get spatial data. Also, these methods lack strategies of getting requirements, acquisition, manipulation and maintenance of spatial data dynamically. Therefore, this article proposes a method for development of Web GIS applications which integrates phases in Web GIS development and considers best practices in development cycle of agile methodologies and GIS projects, seeking to improve the process of acquisition of geodata from collaborative platforms. In addition, the validation of proposal is carried out through a case study of the generation of dynamic noise maps for the city of Medellín. This proposal improves the process of acquisition of dynamic spatial data and development cycle of Web GIS application, incorporating the best practices required for the development of Web GIS.

**Keywords:** Geodata, noise maps, development method, GIS, collaborative systems, Web GIS.

## Introducción

Las aplicaciones Web GIS se están posicionando en las empresas que buscan expandir sus fronteras en la manipulación de información espacial o geodatos. Además, se destacan como aplicaciones con grandes oportunidades de escalabilidad y accesibilidad direccionadas a diferentes tipos de público. Los geodatos están dejando de ser usados únicamente por disciplinas ingenieriles para convertirse en herramientas transversales en diferentes áreas del conocimiento. Asimismo, las aplicaciones Web GIS están implementando esquemas de interoperabilidad entre diferentes plataformas para crear grandes volúmenes de geodatos con el propósito de ampliar el espectro de análisis en diversas aplicaciones (Sciortino, Micale, Enea y La Scalia, 2016; Tan y Feng, 2008). El ruido ambiental causado por vehículos, industria

o elementos pertenecientes a la infraestructura de una ciudad constituye uno de los mayores índices de insatisfacción en diversas zonas de las ciudades (Zhao, Qin, Xie, Wang y Meng, 2013). La integración de los sistemas de información geográfica (SIG) en la generación de modelos de ruido (mapas de ruido) aumenta la calidad de sus estudios, y permite generar herramientas que contribuyen al ordenamiento del territorio (Cai, Zou, Xie y Ma, 2015; Minambiente, 2006). El ruido es ilustrado en el espacio mediante un indicador acústico, por ejemplo, nivel continuo equivalente, que se puede obtener de forma estática por medio de mediciones de ruido (Minambiente, 2006).

A pesar de los esfuerzos realizados por diferentes comunidades de desarrollo de software, para alimentar el marco lógico de las metodologías ágiles y las buenas prácticas para desarrollar aplicaciones, se evidencian brechas en las fases y componentes que se deben tener en cuenta en el desarrollo de aplicaciones para proyectos SIG en entornos web (Web GIS), lo que lleva al desarrollo de los sistemas Web GIS utilizando metodologías de desarrollo de software tradicional. Esto deja vacíos específicos en las aplicaciones Web GIS que se reflejan en fallas en ejecución y niveles de satisfacción del geousuario. Por otra parte, la adquisición de los geodatos tiene un papel fundamental a la hora de diseñar la aplicación Web GIS, la obtención de información de manera dinámica implica actividades adicionales que deben ser consideradas al inicio del proyecto Web GIS (Alesheikh y Helai, 2002; Castellacci y Viñas-Bardolet, 2019; Fago et al., 2013; Kong, Zhang y Stonebraker, 2015).

De acuerdo con lo anterior, las metodologías para el desarrollo de aplicaciones Web GIS presentan deficiencias en aspectos relevantes para la construcción de proyectos SIG, lo que implica buscar extensiones a las metodologías existentes para incorporar los elementos requeridos en la construcción de aplicaciones Web GIS. Por lo tanto, proponemos un método con las fases necesarias para construir aplicaciones Web GIS, enmarcadas en las buenas prácticas de desarrollo de proyectos SIG, buscando direccionar correctamente la educación de requisitos y los métodos de

adquisición, de publicación, de implementación y de mantenimiento de los geodatos en el ciclo de desarrollo de la aplicación Web GIS.

Este artículo se organiza de la siguiente manera: en la sección 1 se presenta el marco teórico, donde se describen los términos claves de las aplicaciones Web GIS y de los mapas de ruido; en la sección 2 se presentan los antecedentes, se revisan trabajos relacionados con métodos de desarrollo de proyectos Web GIS; en la sección 3 se expone una propuesta de un método que incluye buenas prácticas para el desarrollo de aplicaciones Web GIS; en la sección 4 se muestra la validación de la propuesta mediante un caso de estudio en la ciudad de Medellín. Finalmente, en la sección 5, se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

## Marco teórico

### Sistemas de Información Geográfica.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) están diseñados para capturar, almacenar, integrar, analizar y geovisualizar geodatos. En la actualidad se pueden encontrar diferentes razones para utilizar los SIG, la mayoría basadas en la necesidad de utilizar eficaz y eficientemente los recursos de modelado espacial (Blanco, Loisi, Sica, Schettini y Vox, 2018; Siddiqui, Alam y Bokhari, 2012; Yan y Guo, 2011). El núcleo de los proyectos SIG se enfoca en la base de datos espacial de donde parten diferentes entidades para geoalmacenar los geodatos y sus atributos espaciales y no-espaciales. Además, existen softwares especializados en proyectos SIG que integran aspectos de análisis y procesamiento espacial para geovisualizar objetos geográficos y ayudan a los geousuarios a interpretar los análisis espaciales. Por eso las comunidades de desarrolladores SIG están implementando librerías de código abierto en diferentes lenguajes de programación para facilitar el manejo y análisis geoespacial de la información (Sciortino *et al.*, 2016; Tan y Feng, 2008).

### Web GIS.

El desarrollo de las redes y la expansión del internet ayudan en el desarrollo de una base fundamental de conocimiento en diferentes disciplinas relacionadas con la geografía, las ciencias y la computación. En la actualidad, el Internet constituye uno de los principales medios

para la transferencia de datos a distintos puntos del mundo y está dirigido a grandes comunidades de investigación para generar conocimiento (Fago *et al.*, 2013; Kong *et al.*, 2015; Yan y Guo, 2011). La expresión Web GIS es la integración entre las tecnologías de internet y los SIG y representan una expansión de los SIG a la web. Lo anterior permite al geousuario realizar diversos procesos con los geodatos como edición, consulta y análisis espacial en la web. Además, las aplicaciones Web GIS se basan en el modelo Cliente/Servidor, donde la interfaz del cliente contiene diferentes objetos que permiten la lectura de la información espacial enviada desde el servidor en archivos XML o GeoJSON (Alesheikh y Helai, 2002; Fago *et al.*, 2013; Kong *et al.*, 2015; Xi y Wu, 2008; Yan y Guo, 2011).

### Sistemas colaborativos.

El avance en las tecnologías de comunicación y las redes eléctricas crean un entorno global sin darle importancia a la ubicación sino al método de acceso a la información. Los sistemas colaborativos permiten que los equipos de trabajo estén dispersos geográficamente en diferentes sesiones virtuales, permitiendo la construcción del conocimiento y el intercambio de experiencias desde diferentes lugares del mundo. Esto conduce a un ahorro exponencial de tiempo y dinero en la disminución de costos de viaje, mejora la toma de decisiones y aumenta el flujo de información. Además, los sistemas colaborativos se apoyan con el campo de la informática colaborativa, y facilitan la cooperación de dos o más personas en la ejecución de una tarea o en la resolución de un problema en conjunto (Masud, 2016; Miller, 2008; Siddiqui *et al.*, 2011; Yan y Guo, 2011).

**Mapas de ruido.** La contaminación acústica es un problema relevante en grandes ciudades que afecta la salud y el bienestar de las personas expuestas. Los mapas de ruido se elaboran con el propósito de minimizar el impacto negativo de la contaminación acústica y son un instrumento de apoyo para la toma de decisiones en el ordenamiento territorial. Son, además, herramientas definidas por la legislación de cada país para evaluar, gestionar y controlar la contaminación acústica (Campello, Peral, Campillo y Velasco, 2017; Wang, Chen y Cai, 2018; Xu, Zhu y Qin, 2018). Los mapas de ruido se construyen a

partir de datos cartográficos, catastrales, de tráfico y de población, identificando variables relevantes a partir de modelos informáticos que permiten el modelado de mapas de manera ágil y eficaz. La calidad de los mapas de ruido depende de los datos ingresados en el software de modelado y la definición de los parámetros de simulación (Xia, Xie y Xu, 2009).

### Antecedentes.

Alesheikh y Helai (2002) proponen una estrategia para desarrollar aplicaciones Web GIS, identificando las tecnologías y sus aplicaciones. Los autores proponen las siguientes fases: análisis de requisitos, diseño conceptual, inspección de hardware y software, diseño y construcción de la base de datos, adquisición de hardware y

software para GIS, integración de sistema Web GIS, desarrollo de aplicación, uso y mantenimiento de Web GIS (véase la Figura 1). Presentan un caso de estudio satisfactorio de un método para el desarrollo de software Web GIS, para identificar rutas y destinos en Irán, con el fin de minimizar costos, tiempo y rutas de los recorridos. Además, el Web GIS ayuda a planear y gestionar eficientemente los viajes (Alesheikh y Helai, 2002). Sin embargo, se observa que las fases propuestas por los autores, a pesar de que tienen algunos nombres que hacen alusión a los proyectos SIG, son similares a las fases de desarrollo de software tradicionales u hace falta contemplar aspectos fundamentales para el desarrollo de aplicaciones GIS relacionadas con los geodatos.

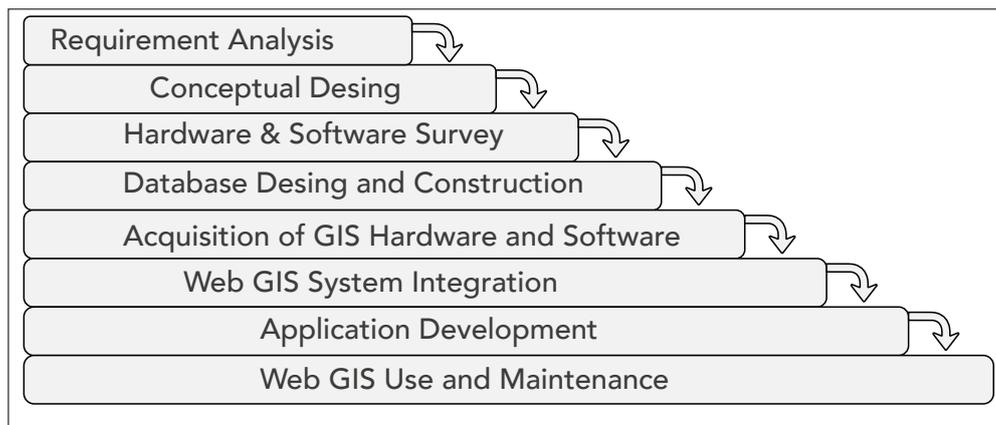


Figura 1. Ciclo de desarrollo Web GIS.

Fuente: Tomado de Alesheikh y Helai (2002).

Xia et al. (2009) proponen una solución para desarrollar Web GIS usando software Open Source. Los autores mencionan que las aplicaciones Web GIS permiten ser modeladas en sistemas de código abierto, cuya ventaja es el bajo costo de implementación, la alta escalabilidad, alta estabilidad y seguridad. Asimismo, plantean que la solución debe incluir: marco de aplicaciones cliente-servidor, motor de mapeo web compatible con representaciones cartográficas, funcionalidades y capacidades de SIG básicas, soluciones de almacenamiento y herramientas adicionales que amplíen las capacidades del motor de mapeo (Xia et al., 2009). Sin embargo, la implementación

del sistema Web GIS carece de un método que permita identificar las fases y buenas prácticas de ciclo de desarrollo utilizado en la aplicación. Además, el ciclo de desarrollo que presentan es guiado por personas con experiencia en el ámbito y poco fiable para el público en general.

Dekui et al. (2016) presentan el diseño e implementación de una plataforma Web GIS basada en *Middleware Open Source GIS*. Para lograrlo, los autores presentan un proyecto para determinar un bloque de software reusable o *middleware* enfocado en las aplicaciones Web GIS, que permite tener diversos servicios que

responden a peticiones de consultas o los análisis requeridos por los geousuarios, argumentando que el uso del *middleware* en investigaciones científicas, enseñanza u otros campos cultiva el interés del estudiante, sino que permite entender cómo trabajan los proyectos SIG (Dekui *et al.*, 2016). Sin embargo, a esta propuesta le hace falta explicar la aplicación de una metodología de desarrollo de proyectos SIG. De igual manera, carece de la identificación de buenas prácticas que permitan describir el ciclo de desarrollo del proyecto Web GIS.

Wen, Chen y Cao (2013) presentan los requisitos para diseñar y desarrollar una aplicación Web GIS usando tecnología Flash y componentes Java para soportar los geodatos. Según los autores, el diseño de la plataforma Web GIS consiste en tres partes:

capa de datos, capa lógica y capa de presentación (véase la Figura 2), incluyendo las capas lógicas y de presentación de los geodatos, la base de datos espacial y las librerías de imágenes para el mapa. La capa lógica provee las funcionalidades, tales como: algoritmos de consulta, localización y exportación. La capa de presentación contiene controles de movimiento, despliegue de los geodatos y posibilidad de consultas con base en tecnología Flash (Wen *et al.*, 2013). Los autores consideran los componentes básicos de la construcción del proyecto Web GIS, pero falta describir una metodología lógica que permita enmarcar un ciclo de desarrollo propio para proyectos Web GIS. Además, no se consideran aspectos importantes de este tipo de proyectos relacionados con los geodatos.

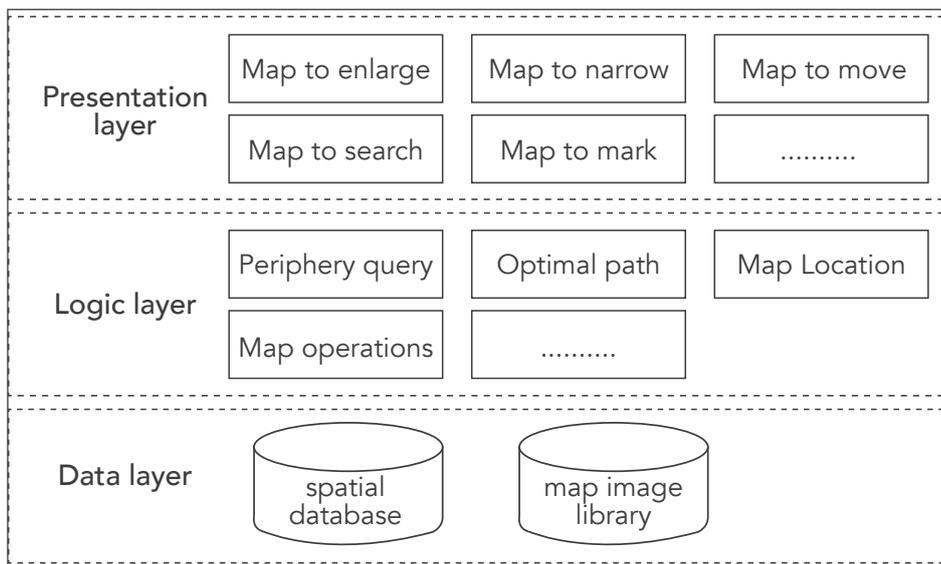


Figura 2. Desarrollo de Plataforma.

Fuente: Tomada de Wen *et al.* (2013).

Arias y Durango (2018) proponen un método para desarrollar sistemas de información geográfica a partir de la metodología de desarrollo ágil SCRUM. Los autores enmarcan el desarrollo de aplicaciones GIS en la metodología ágil SCRUM, con el fin de obtener resultados tangibles en poco tiempo. En su propuesta tienen en cuenta: los actores del proyecto, entregables, artefactos y metodología de ejecución; lo cual es acertado en la administración de proyectos GIS (Arias y Durango,

2018). Sin embargo, la carencia en la definición de fases dentro del método evidencia que las entregas de los artefactos se realiza de acuerdo a la necesidad del cliente y no a los elementos del método. De igual manera, se evidencia que no consideran las buenas prácticas relacionadas con geoanálisis, requisitos y diseños conceptuales de los geodatos como elemento diferenciador de los proyectos SIG.

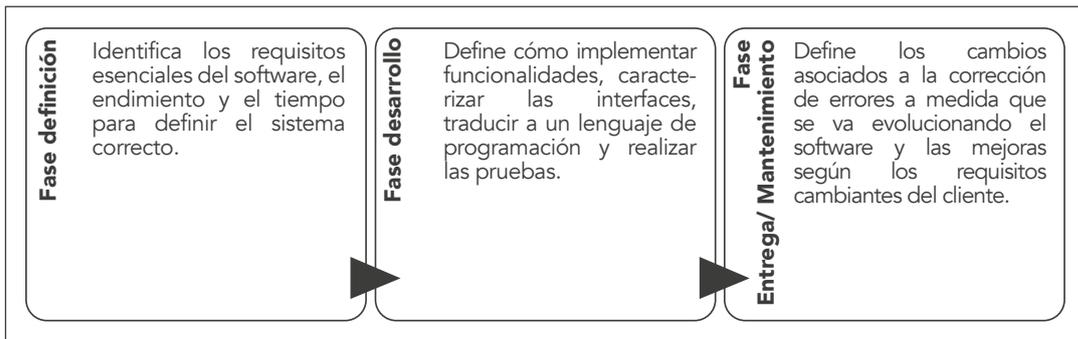


Figura 3. Fases de la metodología Scrum-Xtreme Programming.

Fuente: Tomado de Arias y Durango (2018).

## Propuesta del método de desarrollo del proyecto Web GIS

### Descripción general del método.

Considerando los análisis previos para la construcción de plataformas Web GIS, en esta sección se presenta una propuesta de un método para el desarrollo de aplicaciones Web GIS. El método se propone con un soporte técnico especial debido a los elementos diferenciadores relacionados con la educación de los geodatos, los cuales deben contar con aspectos básicos en el modelado, el geolocalización y la geovisualización del proyecto Web GIS. El método está constituido por fases, las cuales representan los hitos fundamentales que se deben cumplir en el desarrollo del proyecto Web GIS, y se identifican buenas prácticas que se deben implementar en el ciclo de desarrollo de proyectos GIS (véase la Figura 3). Asimismo, cada fase se desarrolla mediante iteraciones, las cuales generan productos que serán presentados y validados por el cliente. A continuación se describen las fases contempladas en el método (Figura 4) y los productos esperados por cada fase (Tabla 1).

### Fase 1. Educación de requisitos del Web GIS:

En esta fase se da inicio al proyecto definiendo de manera perentoria su alcance, los procesos requeridos, los productos esperados y los geousuarios que interactúan con el Web GIS. Por lo anterior, se realizan entrevistas con el cliente para conocer los requisitos del Web GIS en términos de métodos de adquisición, de almacenamiento, de despliegue y de análisis de los geodatos.

**Fase 2. Diseño conceptual del Web GIS:** En esta fase se contempla el desarrollo del modelo conceptual de la base de datos espacial, la definición de la arquitectura del sistema, la definición del lenguaje de programación, las librerías que se deben usar en el sistema y el modelo geoespacial de los geodatos. Igualmente, es fundamental que el director del proyecto realice actividades de manera articulada con el cliente para desarrollar el primer esquema del proyecto Web GIS que se va a implementar.

**Fase 3. Desarrollo del Web GIS:** En esta fase se procede con el desarrollo del proyecto Web GIS; se consideran los elementos que requiere la aplicación Web GIS y las consultas espaciales que requiere el geousuario.

- El desarrollo del proyecto Web GIS permite obtener el modelo de bases de datos espacial y los servidores de geodatos para el consumo de aplicaciones, y crear la interfaz para manipular e interactuar con los objetos espaciales del Web GIS. En esta fase se realizan pequeñas iteraciones que serán revisadas por el cliente para garantizar el cumplimiento de los objetivos comprometidos en tiempos cortos.
- El desarrollo de las consultas espaciales define los procedimientos o flujos de trabajo para hacer los análisis espaciales del proyecto, a fin de obtener la información que requiere el cliente. Los análisis espaciales deben ser liderados y revisados por geousuarios expertos en SIG.

**Fase 4. Verificación y mantenimiento del Web GIS:**

En esta fase se realizan los controles de calidad para garantizar la fiabilidad del funcionamiento del proyecto Web GIS. Además, se realiza un plan de mantenimiento del Web GIS para aplicar acciones correctivas que se identifican en la verificación

o para realizar acciones no correctivas. Dichas acciones no correctivas pueden no estar incluidas en el alcance del proyecto, por lo que se deben informar al cliente y describir en las fases de desarrollo anteriormente descritas.

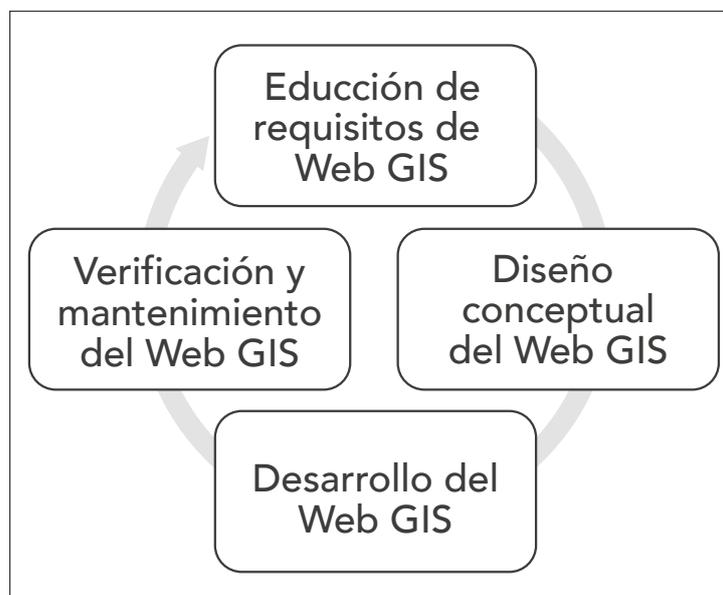


Figura 4. Fases del método de desarrollo de proyectos Web GIS.  
 Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 1.** Productos esperados por fase

Fase	Producto esperado
Educación de requisitos del Web GIS	Documento con la definición del alcance del proyecto y educación de requisitos del cliente.
Diseño conceptual del Web GIS	Documento con definición de catálogo de objetos, representación de los geodatos y modelado conceptual de la base de datos espacial. Además, los lenguajes y librerías que se van a usar.
Desarrollo del Web GIS	Documento de arquitectura del sistema y avances del desarrollo. Documento con definiciones para el análisis espacial de los geodatos. Código fuente documentado.
Verificación y mantenimiento del Web GIS	Documento de validaciones.

Fuente: Elaboración propia

### Propuesta de buenas prácticas en el desarrollo de la aplicación Web GIS

Las buenas prácticas se definen como una serie de actividades probadas en diferentes contextos que ofrecen resultados positivos en el ambiente que se utilicen (Escalona et al., 2018). También permiten identificar un terreno común de las cosas que se deben atender del proyecto SIG para modelar conceptual, física y lógicamente las entidades y fenómenos geográficos requeridos para generar mapas de ruido (Durango, Noreña y Zapata, 2018). Teniendo en cuenta lo anterior, se propone el uso de cinco *buenas prácticas* utilizadas en el ciclo de desarrollo de software tradicional.

“The 11th Annual State of Agile Report” se encarga de realizar encuestas a empresas y personas que llevan a cabo prácticas ágiles en diferentes organizaciones para el desarrollo de software. Dicho documento describe aspectos como: las herramientas ágiles más utilizadas, la madurez ágil en las organizaciones y los desafíos que se presentan en las metodologías ágiles para la construcción de software (Allisy-Roberts et al., 2017). Así, en el reporte se mencionan cinco técnicas o buenas prácticas utilizadas en los proyectos de desarrollo de software con metodologías ágiles:

- **Planificación por iteraciones:** Se refiere al evento en el que los miembros del equipo de desarrollo determinan qué parte del trabajo se puede comprometer para realizar durante la próxima iteración.
- **Reunión diaria:** En el tiempo de desarrollo de la aplicación se realiza una reunión diaria de sincronización con el equipo, con el fin de retroalimentar detalles de lo que se está realizando, qué se hará y cuáles impedimentos se han tenido.
- **Revisión de iteraciones:** Proporciona de manera confiable y eficaz una forma de obtener comentarios por parte del cliente y el equipo de desarrollo para alimentar el proceso.

- **Retrospectiva ágil:** Se realiza una retroalimentación con el equipo para analizar situaciones que han funcionado bien, puntos para mejorar, temas por probar en la siguiente iteración y aprendizaje.
- **Pequeñas iteraciones:** Las iteraciones se definen como un intervalo de tiempo de longitud fija, durante el cual el equipo de desarrollo realiza las actividades planteadas al inicio de cada iteración. El tiempo recomendado por los expertos es de dos semanas, sin embargo, realizar pequeñas iteraciones (menor tiempo) puede ser más útil para llevar a cabo tareas específicas, siempre y cuando lo permitan los compromisos de la iteración.

Además, se presentan dos buenas prácticas: educación geoespacial de requisitos y análisis geoespacial de información. Estas buenas prácticas las propone Durango (2019) en su Tesis Doctoral: “Definición de buenas prácticas en el desarrollo de sistemas de información geográfica, utilizando el núcleo de Semat”:

- **Educación geoespacial de requisitos:** Esta buena práctica se enfoca en la comprensión del problema geoinformático y permite identificar los requisitos estructurales de los geodatos, la estructura de almacenamiento y el catálogo de representación de objetos geográficos (Durango et al., 2018).
- **Análisis geoespacial de información:** Esta buena práctica se enfoca en definir el modelo de análisis espacial, de análisis de superficie, de procesos estadísticos espaciales y geoespaciales y de análisis de redes espaciales (Durango, 2019)

En la Tabla 2 se relacionan las buenas prácticas y las actividades que se proponen por cada fase.

**Tabla 2.** Relación de fase, buenas prácticas y actividades propuestas para el desarrollo de proyectos Web GIS

Fase	Buenas prácticas	Actividad
Educción de requisitos del Web GIS	Educción geoespacial de requisitos Planificación de iteraciones	Definir los productos del proyecto Web GIS Definir métodos de adquisición de los geodatos
Diseño conceptual del Web GIS	Educción geoespacial de requisitos Revisión de iteración	Catálogo de objetos geográficos Representación de los geodatos Modelo de geoalmacenamiento Definición de arquitectura Definir lenguaje de programación para manipular las interfaces y los objetos geográficos Definición de frameworks/librerías que se van a usar
Desarrollo del Web GIS	Análisis geoespacial de información Pequeñas iteraciones Retrospectiva ágil Pequeñas iteraciones	Desarrollo de la aplicación Web Definir el procedimiento para el análisis espacial Análisis y desarrollo de agrupaciones de geodatos Implementar el Web GIS y las consultas geoespaciales
Verificación y mantenimiento del Web GIS	Revisión de iteración	Construcción de guías de prueba Mantenimiento del proyecto Web GIS

Fuente: Elaboración propia

### Validación de la propuesta mediante un caso de estudio en la ciudad de Medellín

Para probar el método propuesto, se implementa en un caso de estudio de Mapas de Ruido Dinámicos, en donde la incidencia de una aplicación Web GIS es de importancia para adquirir datos desde plataformas colaborativas dinámicas. El desarrollo del proyecto Web GIS se realizó contemplando cada una de las fases, buenas prácticas y productos de trabajo descritos previamente (Tabla 2). A continuación, se describen los principales aspectos de cada fase:

### Fase 1. Educción de requisitos de la aplicación Web GIS:

En esta fase se recopilaron los requisitos del proyecto Web GIS con el cliente y se definieron los métodos de adquisición de la información, el alcance y el cronograma del proyecto. En el alcance del caso de estudio se precisaron las funcionalidades que la aplicación Web GIS debe permitir: registrar usuarios, desplegar el mapa web, seleccionar una zona de interés y descargar geodatos de vías, predios y curvas de nivel. Estas funcionalidades se estructuraron según los parámetros requeridos para generar mapas de ruido (Durango y Zapata, 2015; Tafur, Durango, Garza, Londoño y García, 2015).

## Fase 2. Diseño conceptual de la Web GIS:

El diseño de la aplicación Web GIS contempla aspectos de *Front End* y *Back End*, buscando que la funcionalidad de la aplicación Web GIS soporte los requisitos planteados por el cliente (ver Figura 5). Por lo anterior, se planteó una arquitectura Cliente/Servidor (ver Figura 6) que permite contar con una interfaz gráfica web desarrollada en lenguaje JavaScript, y que realiza los geoprocesos de los geodatos del lado del servidor usando lenguaje

Python. Seguidamente, se define el catálogo de objetos geográficos según las especificaciones técnicas para la estructuración de información base para mapas de ruido y una representación de los geodatos estándares, ya que no serán desplegados en la aplicación Web GIS, sino que serán geovisualizados en un software SIG posterior a los análisis espaciales requeridos para generar mapas de ruido (Durango y Zapata, 2015).

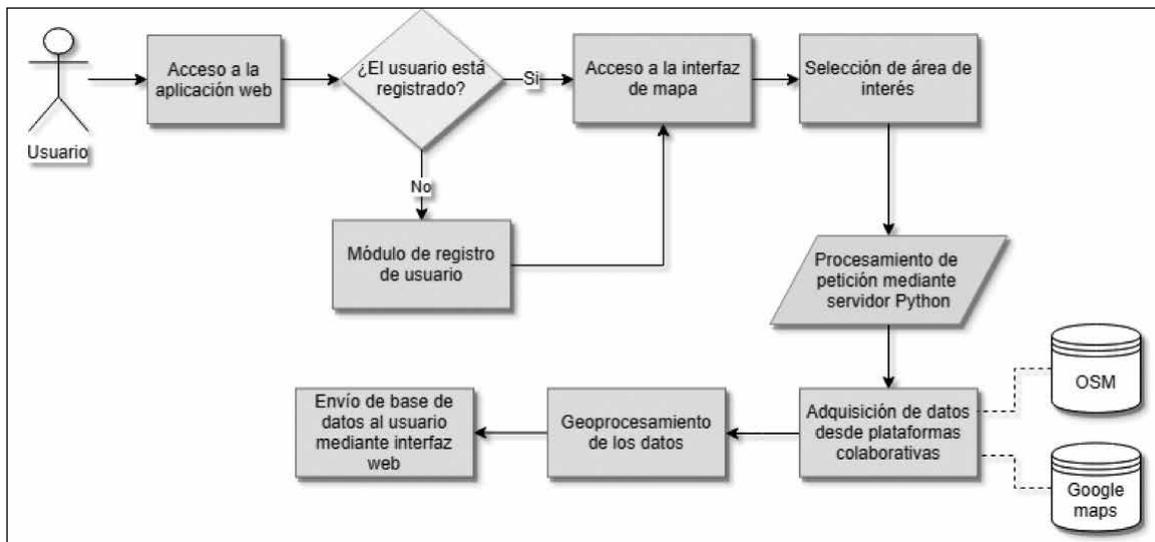


Figura 4. Diagrama de alto nivel de definición de funcionamiento del proyecto Web GIS.

Fuente: Elaboración propia.

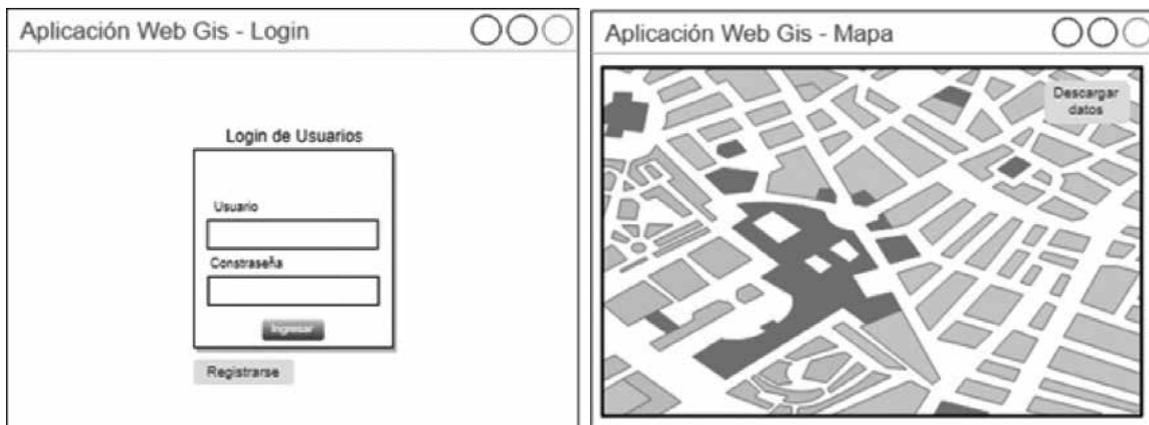


Figura 5. Diagramación conceptual del proyecto Web GIS.

Fuente: Elaboración propia.

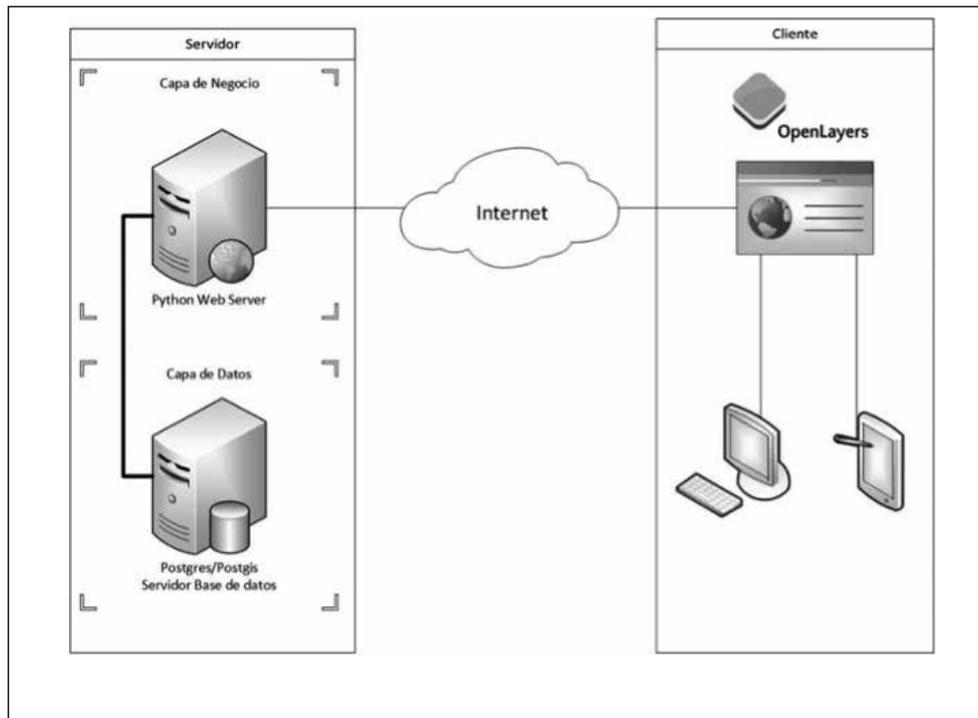


Figura 6. Arquitectura de la aplicación Web GIS.

Fuente: Elaboración propia.

### Fase 3. Desarrollo de la aplicación Web GIS:

En esta fase se realiza la implementación de la aplicación Web GIS mediante pequeñas iteraciones, haciendo pruebas con el cliente de los componentes desarrollados y facilitando la

aprobación final del software. En este paso se desarrollan los conceptos previamente discutidos y se prueban las funcionalidades de la aplicación a medida que se avanza en el ciclo de desarrollo.



Figura 7. Interfaz de ingreso a la aplicación Web GIS.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Interfaz de mapa de ruido que se genera de la aplicación Web GIS.

Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de que los geodatos estén acordes con el estándar de calidad requerido para la generación de mapas de ruido, se desarrollan los componentes de análisis espacial o geoprosesos que modifican la estructura espacial y alfanumérica de los geodatos. Teniendo en cuenta que uno de los requisitos del cliente es obtener en tiempo

real datos de tráfico de plataformas colaborativas, se desarrolla un componente especial para la adquisición de datos desde sistemas colaborativos. Para el caso de estudio, los geoprosesamientos se ejecutan una vez el sistema descarga la información que requiere el geousuario.

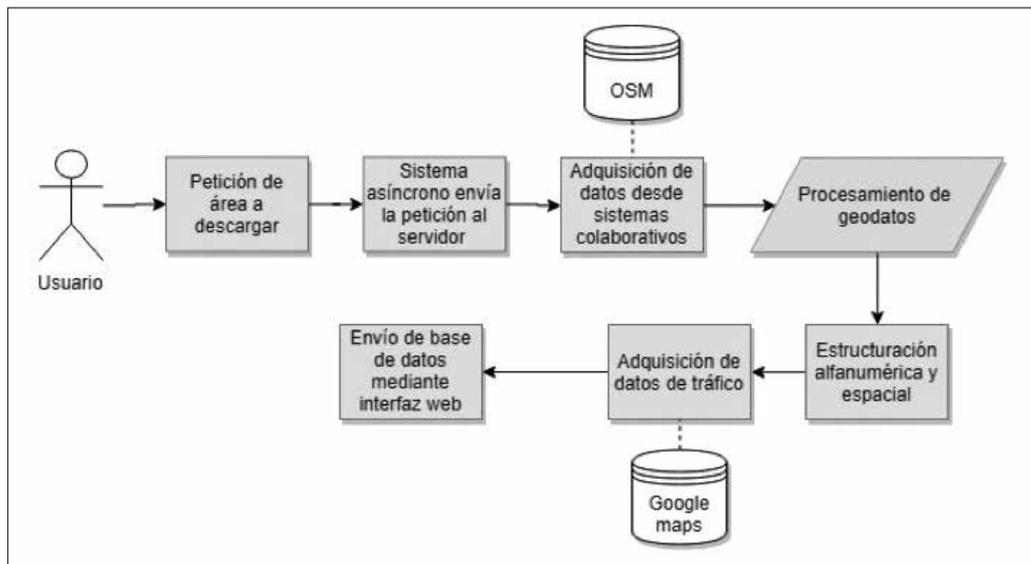


Figura 9. Procesamiento de geodatos de la aplicación Web GIS.

Fuente: Elaboración propia.

### Fase 5. Verificación y mantenimiento de la

**Web GIS:** Para finalizar el proceso de desarrollo, se realizan las pruebas de funcionamiento de la aplicación Web GIS con el cliente para su recepción a satisfacción. Teniendo en cuenta que es una primera versión de la aplicación, se planea hacer mejoras a sus componentes para que preste otras funcionalidades. Estas mejoras quedan consignadas en un producto de trabajo que permitirá al cliente revisar los cambios sugeridos en una revisión posterior.

### Conclusiones y trabajo futuros

En el desarrollo del caso aplicado de la propuesta del método y las pruebas de funcionamiento, se observa que el método de desarrollo del Web GIS aplicado en este proyecto es eficiente para obtener el ciclo de vida de proyectos GIS en la web. Además, el uso de las buenas prácticas es efectivo para grupos de trabajo pequeños, en los que el uso de los métodos ágiles facilita el desarrollo de la aplicación Web GIS, lo que permite una alta aceptación con el cliente en el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Finalmente, se concluye que existe mucha documentación referente al manejo de métodos de desarrollo ágiles y tradicionales, sin embargo, pocas investigaciones son aplicadas a proyectos Web GIS.

Como trabajo futuro se espera aplicar el método en diferentes proyectos y empresas de desarrollo de aplicaciones SIG para verificar su funcionalidad. Además, generar guías de pruebas para las aplicaciones Web GIS.

### Referencias

Alesheikh, A. y Helai, H. (2002). Web GIS: Technologies and its applications. Symposium on geospatial theory, processing and applications, 15(August), 1-9.

Allisy-Roberts, P., Ambrosi, P., Bartlett, D., Coursey, B., DeWerd, L., Fantuzzi, E. y McDonald, J. C. (2017). The 11th Annual State of Agile Report. Journal of the ICRU, 6(2), 7-8. <https://doi.org/10.1093/jicru/ndl025>

Arias, J. y Durango, C. (2018). Propuesta de un método para desarrollar Sistemas de Información Geográfica a partir de la metodología de desarrollo ágil - SCRUM. Cuaderno Activa, 10(10), 29-41.

Blanco, I., Loisi, R., Sica, C., Schettini, E. y Vox, G. (2018). Agricultural plastic waste mapping using GIS. A case study in Italy. Resources, Conservation and Recycling, (137), 229-242. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.06.008>

Cai, M., Zou, J. Xie, J. y Ma, X. (2015). Road traffic noise mapping in Guangzhou using GIS and GPS. Applied Acoustics, 87, 94-102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.06.005>

Campello, H. Peral, R. Campillo, N. y Velasco S., E. (2017). The effect of electric vehicles on urban noise maps. Applied Acoustics, (116), 59-64. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.09.018>

Castellacci, F. y Viñas-Bardolet, C. (2019). Internet use and job satisfaction. Computers in Human Behavior, 90, 141-152. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.09.001>

Dekui, L., Xiabin, Y., Xibao, G., Wei, T., Yanjun, C. y Tingting, H. (2016). A WebGIS platform design and implementation based on open source GIS middleware. In 2016 24th International Conference on Geoinformatics (pp. 1-4). <https://doi.org/10.1109/GEOINFORMATICS.2016.7578962>

Durango, C. (2019). Definición de buenas prácticas en el desarrollo de sistemas de información geográfica, utilizando el núcleo de Semat. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Durango, C., Noreña, P. y Zapata, C. (2018). Representación de eventos de ruido ambiental a partir de esquemas preconceptuales y buenas prácticas de educación geoespacial de requisitos. Research in Computing Science, 147(6), 327-341.

Durango, C. y Zapata, C. (2015). Una representación basada en Semat y RUP para el Método de Desarrollo SIG del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Ingenierías USBmed, 6(1), 24-37.

- Escalona, M., Torres-Zenteno, A., Gutierrez, J., Martins, E., Torres, R. y Baranauskas, M. (2018). A development process for Web Geographic Information System. A case of study. In 10th International Conference on Enterprise Information Systems. Setúbal, Portugal.
- Fago, P., Pignatelli, C., Piscitelli, A., Milella, M., Venerito, M., Sansò, P. y Mastronuzzi, G. (2013). Il WebGis sugli tsunami: un utile strumento di consultazione. *GEOmedia*, 17(4-2013), 44-47.
- Kong, N., Zhang, T. y Stonebraker, I. (2015). Evaluation of web GIS functionality in academic libraries. *Applied Geography*, (60), 288-293. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.11.017>
- Masud, M. (2016). Collaborative e-learning systems using semantic data interoperability. *Computers in Human Behavior*, (61), 127-135. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.02.094>
- Miller, M. (2008). *Cloud Computing: Web-Based Applications That Change the Way You Work and Collaborate Online*. USA: Bronkella Publishing.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Minambiente) (2006). Resolución 0627 de 2006, "Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental". Bogotá: Minambiente. Recuperado de [http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Resoluciones/res\\_0627\\_070406.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Resoluciones/res_0627_070406.pdf)
- Sciortino, R. Micale, R., Enea, M. y La Scalia, G. (2016). A webGIS-based system for real time shelf life prediction. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127(C), 451-459. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.07.004>
- Siddiqui, S., Alam, M. y Bokhari, M. (2012). Software tools required to develop GIS applications: An overview. In Proceedings - 2012 2nd International Conference on Advanced Computing and Communication Technologies, ACCT 2012 (pp. 51-56). <https://doi.org/10.1109/ACCT.2012.106>
- Tafur, L. Durango, C. Garza, D. Londoño, L. y García, H. (2015). Geographic Information System (GIS) to manage environmental noise in the city of Medellín, Colombia. In 22nd International Congress on Sound and Vibration (p. 214).
- Tan, X. y Feng, X. (2008). Design of GIS component software with example. In Proceedings of the 1st International Conference on Intelligent Networks and Intelligent Systems, ICINIS 2008 (pp. 367-370). <https://doi.org/10.1109/ICINIS.2008.164>
- Wang, H., Chen, H. y Cai, M. (2018). Evaluation of an urban traffic Noise-Exposed population based on points of interest and noise maps: The case of Guangzhou. *Environmental Pollution*, 239. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.036>
- Wen, Y., Chen, Y. y Cao, B. (2013). Design and Implementation of Web GIS System Based on Flash. *IEEE*, 491-498.
- Xi, Y. y Wu, J. (2008). Application of GML and SVG in the development of WebGIS. *Journal of China University of Mining and Technology*, 18. [https://doi.org/10.1016/S1006-1266\(08\)60030-9](https://doi.org/10.1016/S1006-1266(08)60030-9)
- Xia, D., Xie, X. y Xu, Y. (2009). Web GIS server solutions using open-source software. In OSSC-2009 - Proceedings of 2009 IEEE International Workshop on Open-source Software for Scientific Computation (pp. 135-138). <https://doi.org/10.1109/OSSC.2009.5416738>
- Xu, Y., Zhu, Y. y Qin, Z. (2018). Urban noise mapping with a crowd sensing system. *Wireless Networks*, 3456789, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11276-018-1663-x>
- Yan, P. y Guo, J. (2011). Analysis of public traffic information system based on WebGIS. In 2011 6th IEEE Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (pp. 448-450). <https://doi.org/10.1109/ITAIC.2011.6030244>
- Zhao, J. Qin, Q. Xie, C. Wang, J. y Meng, Q. (2013). An efficient method of predicting traffic noise using GIS. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 13(978-1-4799-1114-1), 3634-3637.