

Visualizador cartográfico semántico de datos geográficos del municipio de Pasto*¹

*Semantic geographic data visualizer
of the municipality of Pasto*

*Visualizador de dados geográficos
semânticos do município de Pasto*

DAVID REINALDO ERASO GALLO², WILMER ALEXANDER ESCOBAR BOTINA¹,
YAMID ESTEBAN ESTRADA BASTIDAS¹, SILVIO RICARDO TIMARÁN PEREIRA³

Recibo: 31.01.2018 – Aprobación: 16.09.2018

DOI: <https://doi.org/10.30554/ventanainform.38.2863.2018>

Resumen: *En este artículo se presentan los resultados del proyecto orientado a diseñar y desarrollar un visualizador cartográfico semántico (llamado Rikhuna) a nivel de datos geográficos para el*

* **Modelo para la citación de este artículo / Template for citation of this article / Modelo para a citação deste artigo:** ERASO GALLO, David Reinaldo; ESCOBAR BOTINA, Wilmer Alexander; ESTRADA BASTIDAS, Yamid Esteban & TIMARÁN PEREIRA, Silvio Ricardo (2018). Visualizador cartográfico semántico de datos geográficos del municipio de Pasto. En: Ventana Informática No. 38 (ene-jun). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 119-134. ISSN: 0123-9678. DOI: <https://doi.org/10.30554/ventanainform.38.2863.2018>

1 Artículo de investigación / Research article / Artigo de pesquisa
Proyecto / Project / Projeto: Rikhuna: visor cartográfico inteligente de direcciones urbanas y sitios de interés del municipio de Pasto basado en PostGIS / Rikhuna: intelligent cartographic viewer of urban addresses and places of interest in the municipality of Pasto based on PostGIS / Rikhuna: visualizador cartográfico inteligente de endereços urbanos e locais de interesse no município de Pasto baseado no PostGIS.
Periodo / Period / Período: 01/012016-30/08/2017

Institución / Institution / Instituição: Universidad de Nariño (San Juan de Pasto, Nariño, Colombia).

Versión ampliada y ajustada de la ponencia presentada en el III Congreso Andino de Computación, Informática y Educación, CACIED 2017 [05-08/11/2017, San Juan de Pasto (Colombia): Universidad de Nariño] / Extended and adjusted version of the paper presented at the III Andean Congress of Computing, Information Technology and Education, CACIED 2017 [05-08/11/2017, San Juan de Pasto (Colombia): University of Nariño]. / Versão ampliada e ajustada do artigo apresentado no III Congresso Andino de Computação, Tecnologia da Informação e Educação, CACIED 2017 [05-08/11/2017, San Juan de Pasto (Colômbia): Universidade de Nariño].

2 Ingenieros de Sistemas / System engineers / Engenheiros de Sistemas. Estudiantes Investigadores, grupo de investigación GRIAS / Researchers students, GRIAS research group / Alunos pesquisadores, grupo de pesquisa GRIAS, Universidad de Nariño (San Juan de Pasto, Nariño, Colombia). davideraso, wilmerescobar, yamidestrada@udenar.edu.co

3 Doctor en Ingeniería / Doctor of Engineering / Doutor em Engenharia. Profesor Titular y director del grupo de investigación GRIAS / Titular Professor and Director of GRIAS Research Group / Professor titular e Diretor do grupo de pesquisa GRIAS, Universidad de Nariño (San Juan de Pasto, Nariño, Colombia). ritimar@udenar.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-0006-6654>

municipio de Pasto haciendo uso de PostGIS (una extensión del SGBD PostgreSQL para el manejo de base de datos espaciales), que permite a los usuarios localizar fácilmente sobre la cartografía una dirección urbana, barrio, vereda, corregimiento o sitios de interés (lugares turísticos, centros educativos, hospitales, centros administrativos, entre otros) y generar rutas con información detallada para llegar hasta ellos. Rikhuna está acoplado con una ontología que le permite realizar búsquedas semánticas y también cuenta con un panel administrativo en donde los usuarios pueden agregar nuevos datos manteniendo el proyecto con información actualizada. El desarrollo se hizo bajo una metodología ágil utilizando el patrón de diseño modelo-vista-controlador y el uso de herramientas de software libre. Con este visualizador se busca generar impacto en el municipio, abriendo sus puertas al mundo y creando una herramienta que por ser libre, puede ser replicable en otras ciudades que busquen objetivos similares.

Palabras clave: Georreferenciación, PostGIS, Ontología, Visualizador cartográfico, Rikhuna, Municipio de Pasto.

Abstract: *This article presents the results of the project aimed at designing and developing a semantic cartographic visualizer (called Rikhuna) at the geographic data level for the municipality of Pasto using PostGIS (an extension of the PostgreSQL DBMS for spatial database management), which allows users to easily locate on cartography an urban address, neighborhood, village, township or places of interest (tourist attractions, schools, hospitals, administrative centers, among others) and generate routes with detailed information to reach them. Rikhuna is coupled with an ontology that allows you to perform semantic searches and also has an administrative panel where users can add new data while maintaining the project with updated information. The development was made under an agile methodology using the pattern of model-view-controller design and the use of free software tools. This viewer seeks to generate impact in the municipality, opening its doors to the world and creating a tool that, because it is free, can be replicated in other cities that seek similar objectives.*

Keywords: Georeferencing, PostGIS, Ontology, Cartographic Viewer, City of Pasto.

Resumo: *Este artigo resulta orientada projetar e desenvolver um visualizador de mapa semântico (chamado Rikhuna) no nível de dados geográficos para a cidade de Pasto usando PostGIS*

(uma extensão do SGBD PostgreSQL para lidar com projeto de banco de dados espacial apresentado), que permite aos usuários localizar facilmente em cartografia um endereço urbano, bairro, vila, município ou locais de interesse (atrações turísticas, escolas, hospitais, centros administrativos, entre outros) e gerar rotas com informações detalhadas para alcançá-los . Rikhuna é acoplado a uma ontologia que permite realizar procuras semânticas e também possui um painel administrativo no qual os usuários podem adicionar novos dados enquanto mantém o projeto com informações atualizadas. O desenvolvimento foi feito sob uma metodologia ágil usando o padrão de design de controlador de vista de modelo e o uso de ferramentas de software livre. Esse espectador busca gerar impacto no município, abrindo suas portas para o mundo e criando uma ferramenta que, por ser livre, pode ser replicada em outras cidades que buscam objetivos semelhantes.

Palavras-chave: Georeferenciação, PostGIS, ontologia, visualizador cartográfico, Rikhuna, cidade de Pasto.

Introducción

La geocodificación, como proceso, permite asignar coordenadas geográficas a los datos temáticos de eventos mediante el procesamiento de objetos espaciales asociados, las cuales son útiles para desplegar, localizar y visualizar con detalle estos eventos en mapas cartográficos digitales, lo cual se aproxima más a la realidad en cuanto se disponga de la información suficiente y detallada del área geográfica de estudio. Por ello, González & De Lázaro (2011), ante la creciente disponibilidad de datos geográficos existentes en la red y sus diversas posibilidades de manejo y visualización, tanto en visores como en sistemas de información geográfica robustos, aconsejan realizar una sistematización de la misma con el objetivo de difundir aún más su conocimiento y utilización.

En la actualidad, los visualizadores cartográficos son una herramienta esencial para la visualización y consulta de datos geocodificados de forma rápida y sencilla, que permiten conocer información tomada del mundo real. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) surgen como herramientas de apoyo en la toma de decisiones que permiten procesar la información desde su dimensión espacial y suministrar datos para la formulación de soluciones a problemas de orden geográfico, ya que, según Huisman & De By (2009, 32), permite ingresar datos

georreferenciados, analizarlos y producir presentaciones (incluidos mapas y otros tipos) con alto grado de libertad.

Dada la importancia de los visualizadores cartográficos para la representación de la información, el municipio de Pasto (Nariño, Colombia) requiere un sistema de este tipo, debido a que ha tenido un crecimiento acelerado en los últimos años gracias a su riqueza natural, ubicación geográfica y constante intercambio cultural, económico y social propio de la región. Por lo tanto, el proyecto consiste en un sistema que proporcione información completa y detallada de sitios con interés y emblemáticos, de manera sencilla e intuitiva mediante un visualizador cartográfico, facilitando el libre acceso y la ubicación a propios y visitantes.

Para cumplir con esto es fundamental contar con conocimientos en áreas relacionadas con sistemas de información geográfica (SIG), procesos de estandarización de direcciones, según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), sistemas gestores de bases de datos y datos espaciales, lenguajes de programación, ontologías y búsquedas semánticas.

1. Fundamento teórico

1.1 Sistema de información geográfica

Un SIG (GIS, por su acrónimo inglés) es *«un sistema informático capaz de realizar las tareas para manejar datos georreferenciados: entrada, almacenamiento, recuperación, manipulación, análisis y representación»* (Aranoff, 1989, 39), posteriormente, aunque Burrough & McDonell (1998, 11-12) lo definen como *«un conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real con el fin de satisfacer múltiples propósitos»*. En síntesis, está integrado por un componente gráfico (que permite representar, visualizar y analizar la información geográfica) y una base de datos espacial (que permite almacenarla, manipularla y consultarla). Así, de acuerdo con Buzai & Ruiz (2012, 97), surge de la combinación de bases de datos alfanuméricas y gráficas, referenciadas espacialmente a un sistema de coordenadas geográficas (georreferenciación).

1.1.1 Geocodificación. De acuerdo con ArcGIS (2016a), se entiende como *«el proceso de transformar una descripción de una ubicación (por*

ejemplo, un par de coordenadas⁴, una dirección o un nombre de un lugar) en una ubicación de la superficie de la Tierra». Gómez & Barrios (2015, 26) la señala como «el proceso de transformar una dirección interpretable por humanos en una ubicación de un mapa con el uso de coordenadas geográficas es decir latitud y longitud y viceversa», diferenciando dos tipos: directa (convierte direcciones postales en coordenadas geográficas) e inversa (convierte coordenadas geográficas en direcciones en lenguaje natural).

1.1.2 Base de datos espaciales. Compendia el principal elemento de un SIG, es decir, los datos geográficos. Se entiende como *«una colección de datos referidos a objetos de los que se conoce su localización espacial (...). Una base de datos geográfica puede definirse como la colección lógica de IG interrelacionada que se administra y almacena como una unidad, comprendiendo antecedentes sobre la ubicación de las características del mundo real y sobre sus particularidades en relación a su entorno»* (Barriga, Andrade & Lazo, 2012, 112-113).

Entre las bases de datos espaciales, se tienen opciones de código abierto como PostGIS y MySQL. La primera es *«un módulo para el motor de bases de datos objeto-relacional PostgreSQL, que añade soporte para tipos geográficos y lo habilita para ser usado como contenedor de información geoespacial, permitiéndole realizar operaciones de análisis geográfico»* (Mascarell, 2014, 30), mientras la segunda *«soporta tipos de datos espaciales sin necesidad de que se agregue algún modulo adicional como es en el caso de PostGIS»* (Amaguaya & Cajías, 2017, 2).

1.2 Web Semántica

La web semántica permite resolver problemas de comunicación, transacciones económicas y el acceso a recursos web independientemente de la ubicación geográfica o idioma del cliente, además de que los productos software sean capaces de llevar a cabo un mejor procesamiento y razonamiento de contenidos, y realizar deducciones lógicas que resuelven problemas automáticamente.

«La Web Semántica es una web extendida, dotada de mayor significado en la que cualquier usuario en internet podrá encontrar respuestas a sus preguntas de forma más

⁴ «Para hacer referencia a un punto se utilizan sus valores de latitud y longitud. La longitud y la latitud son ángulos medidos desde el centro de la Tierra hasta un punto de la superficie de la Tierra. Los ángulos se suelen medir en grados (o en grados centesimales)» (ArcGIS, 2016b).

rápida y sencilla gracias a una información mejor definida. Al dotar a la Web de más significado y, por lo tanto, de más semántica, se pueden obtener soluciones a problemas habituales en la búsqueda de información gracias a la utilización de una infraestructura común, mediante la cual, es posible compartir, procesar y transferir información de forma sencilla» (W3C, 2012, 161).

De acuerdo con Aguilar (2017, 37), un buscador semántico es una tecnología que facilita la búsqueda deseada de manera cómoda y eficaz, basada en metadatos (información no relevante para el usuario pero de suma importancia para el buscador) semánticos y ontológicos. *«Las búsquedas de este tipo se basan en el análisis semántico de la consulta ingresada por el usuario y del contenido de los documentos, recuperando aquellos cuya representación semántica coincide con la de la consulta (...). Las búsquedas semánticas, por lo general, permiten alcanzar una mayor precisión en los resultados obtenidos»* (Malpartida, 2017, 1-2).

Los conceptos de la ontología⁵, señala Malpartida (2017, 57), pueden ser recibidos por el buscador semántico⁶ de dos maneras: - un concepto de la ontología directamente de la consulta, que ayuda al usuario a elegir un concepto en una lista con conceptos que se asimilan a la consulta, y – un concepto encontrado por la herramienta de búsqueda textual.

2. Metodología

El proyecto presentado en este documento se asimila a una investigación aplicada, en el área de Geomática, que implica un desarrollo tecnológico consistente en un visualizador cartográfico de datos geográficos del municipio de Pasto.

5 *«En el área de Inteligencia Artificial la ontología se refiere a un esquema de representación constituido por un vocabulario específico empleado para describir un sistema, más un conjunto de supuestos explícitos relacionados con el significado atribuido al vocabulario. Este conjunto de supuestos tiene normalmente forma de lógica de primer orden, donde las palabras del vocabulario aparecen como nombres de predicados unitarios o binarios, llamados respectivamente conceptos y relaciones. De esta manera, se describen los conceptos y relaciones para un conjunto de agentes»* (Hernández, Parra & Portilla, 2015, 88-89).

6 *Vale aclarar que «la implementación de un buscador semántico no solo implica el desarrollar el proceso de búsqueda, sino además la construcción y almacenamiento de las ontologías, el proceso de anotación semántica, entre otras cosas. Se necesita desarrollar una arquitectura completa que contemple todos estos aspectos para así permitir una búsqueda semántica»* (Malpartida, 2017, 31).

2.1 Etapa de Apropiación del Conocimiento

El objetivo de esta etapa fue apropiarse del conocimiento acerca de conceptos de sistemas de información geográfica, estándares de direcciones urbanas del IGAC, ontologías y búsquedas semánticas con el fin de obtener bases teóricas sólidas, además del funcionamiento de *PostGIS*, una extensión del gestor de base de datos objeto-relacional *PostgreSQL* para el tratamiento de datos espaciales, la herramienta *Java OpenStreetMap Editor – JOSM*, que permite la recolección de datos geográficos, *Protégé* para esquematizar y realizar consultas a una ontología. Además, se conoce sobre la librería de código abierto *OpenLayers* que facilita el trabajo con cartografía espacial y *Geoserver*, un servidor libre para gestionar la información geográfica.

2.2 Etapa de Recolección de la Información

Se realizó la georreferenciación de direcciones urbanas con la herramienta *JOSM*, se recolectaron datos para direcciones basadas en la malla vial y para direcciones basadas en manzanas de las 12 comunas del municipio de Pasto, haciendo uso de métodos y técnicas de interpolación de puntos. Se definieron las geometrías que representan los barrios, los corregimientos y veredas tomando como guía mapas obtenidos en páginas gubernamentales del municipio, además de establecer las ubicaciones de sitios de interés (como sitios turísticos, templos, museos, restaurantes, esculturas, monumentos, hitos arquitectónicos, centros educativos, centros administrativos, hospitales, centros de atención inmediata). Para esta recolección se partió de mapas proporcionados en puntos de información turística de la ciudad, complementado con el uso de *GPS Garmin GPSMAP 64s*. Esta etapa exigió el mayor tiempo, debido a que la zona urbana no tiene una repartición homogénea que facilite la identificación de los datos.

2.3 Etapa de Construcción de Base de Datos y Ontología

Se diseñó la base de datos con el diagrama entidad relación y implementar el Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) *PostgreSQL*. En la migración de los datos OSM a la base de datos espacial se utilizan *scripts* en el lenguaje de programación *Python*. Para completar la base de datos se tomaron fuentes externas de direcciones de malla vial y manzana incrementando la información de la etapa anterior. Se validaron y corrigieron los datos de direcciones urbanas, sitios de interés y las diferentes geometrías obtenidas usando funciones de la extensión *PostGIS*, con el fin de obtener datos limpios y completos.

Posteriormente, se creó la ontología para sitios de interés y direcciones urbanas, para esto se utilizó la herramienta de software libre *Protégé* en formato OWL. Para definir cada una de las clases se realizó una abstracción del esquema de la base de datos, y se definió los atributos necesarios para que las búsquedas puedan relacionar diversos conceptos sobre el dominio establecido. En la figura 1 se detalla el diseño de la ontología y la base de datos.

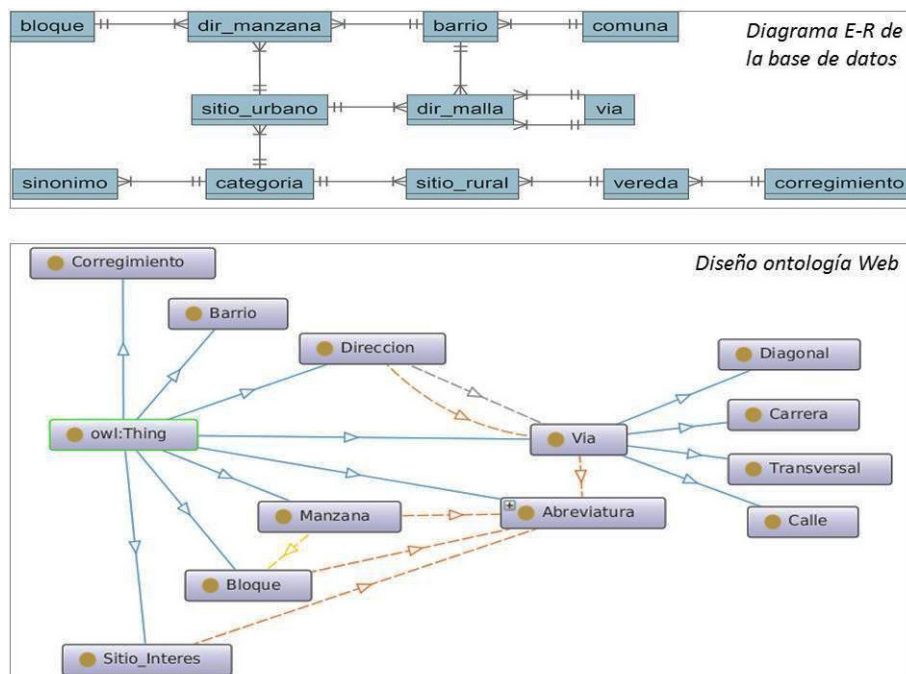


Figura 1. Diagrama E-R de la base de datos y Diseño de la ontología Web

Como la función de la ontología es recuperar la información de forma semántica, en el dominio establecido se pobló con la información descriptiva, pues los datos geográficos solo se encuentran en la base de datos. Todas las búsquedas ingresadas por los usuarios llegan a la ontología, donde previamente se realiza una limpieza de palabras despreciables (como artículos y pronombres, entre otras), para compararse con abreviaturas o sinónimos y así determinar la palabra correcta según el dominio creado: Este resultado pasa a una consulta en *SPARQL* (Lenguaje de consulta en las ontologías) donde se analiza su contexto para obtener la información precisa y recuperar los datos geográficos de la base.

En esta etapa se tuvieron inconvenientes con la migración de la información, debido a que la herramienta *JOSM* utilizada para la geocodificación no presenta la funcionalidad para migrar a una bases de datos, por esto se crearon *scripts* en *Python* para completar el proceso, similar ocurrió con la información de la base de datos, al no existir una herramienta completa o que satisfaga las necesidades del proyecto para migrar los datos a una ontología, obligando a la creación de funciones específicas en *Java* integradas al visualizador.

2.4 Etapa de Análisis de Herramientas

Para definir el lenguaje de programación destinado a crear el visualizador cartográfico se tuvieron en cuenta los lenguajes más populares (Tabla 1) que tienen soporte para ontologías en formato OWL (Lenguaje de Ontologías Web) y soporte para realizar consultas en SPARQL (Lenguaje de consulta en las ontologías). Actualmente, los lenguajes no soportan estas consultas de forma nativa, sino que utilizan librerías para este uso.

Tabla 1. Comparación de lenguajes con soporte para búsqueda semántica

Lenguaje de Programación	Soporte Librerías			
	RDF	RDFS	OWL	PARQL
Php	x	x	x	x
Java (JSF)	x	x	x	x
Python (Django)	x	x		x
JavaScript (NodeJS)	x	x		x

Se requería encontrar una librería que soportara *OWL* y *SPARQL* al mismo tiempo, por lo que se realizaron pruebas con librerías de *Php* y *Java*, para determinar la mejor para este proyecto (Tabla 2), escogiendo a *Java* con la librería *Jena*. En cuanto a la tecnología del lado del servidor se utilizó *Java EE* con el *framework JSF* debido a las facilidades para integrar la librería elegida.

Tabla 2. Comparación de funcionalidad entre librerías de búsqueda semántica

Prueba de aceptación	ARC2 (Php)	Jena (Java)
Velocidad de respuesta	Alta	Alta
Soporte a consultas complejas	Baja	Alta
Documentación	Baja	Media
Escalabilidad	Baja	Alta
Usabilidad	Media	Alta

2.5 Etapa de construcción del visualizador cartográfico

La construcción del visualizador cartográfico fue realizada bajo el sistema operativo *Linux Ubuntu* en su versión 16.04. El lenguaje de programación utilizado fue *Java* con el *Framework JSF* y *Primefaces*, con el entorno de desarrollo (IDE) *Netbeans* versión 8.2 y el servidor de aplicaciones *Glassfish* en su versión 4.1.1, además se utilizó *Geoserver* 2.11, *Jena* 3.1.1, y *OpenLayers* versión 3. La metodología utilizada en la construcción corresponde a una adaptación de Scrum, al tomarse partes relevantes en el desarrollo y se unieron a la experiencia de los integrantes de la investigación, para cumplir con todas las tareas.

3. Resultados y discusión

3.1 Descripción de resultados

El principal resultado es el visualizador cartográfico *Rikhuna*, desarrollado bajo software libre, que permite localizar sobre la cartografía del municipio de Pasto, una dirección urbana o un sitio de interés con información detallada para llegar o conocer su ubicación y su descripción⁷. Su arquitectura (Figura 2) se basa en el patrón Modelo Vista Controlador (MVC), donde la capa Vista muestra los resultados de las búsquedas en mapas con ayuda de *Geoserver* y *OpenLayers*, la capa Controlador procesa todas las búsquedas solicitadas por el usuario y realiza las consultas a la ontología, y la capa Modelo gestiona la base de datos.

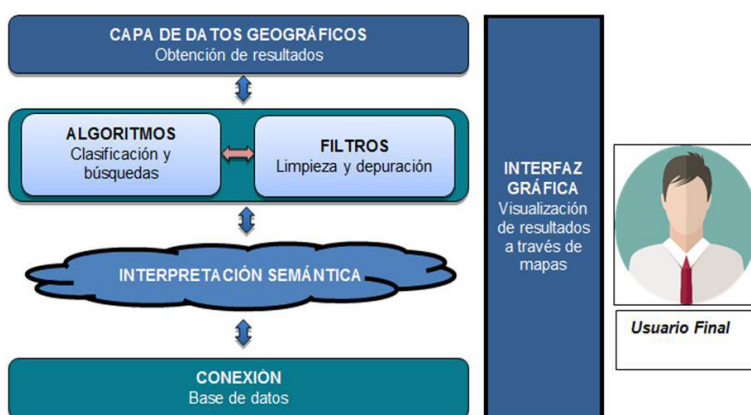


Figura 2. Arquitectura general del visualizador cartográfico *Rikhuna*

⁷ La aplicación está disponible en la dirección web: <http://grias.udenar.edu.co:90/rikhuna/>.

El visualizador cartográfico permite realizar cuatro tipos de búsquedas:

- Búsquedas de dirección basada en malla vial: en este tipo de búsqueda el usuario ingresa la dirección, el buscador es capaz de interpretar diferentes palabras que se utilizan para definir una vía y obtener un resultado. Cada dirección encontrada se muestra con los sitios de interés cercanos en un rango de 1000 metros para que el usuario se pueda ubicarse fácilmente.
- Búsquedas de dirección basada en manzana: en este tipo de búsqueda el usuario ingresa la manzana y el barrio, el buscador interpreta las palabras utilizadas para definir un bloque de manzana (haciendo correcciones ortográficas en el nombre del barrio), y mostrar un resultado. Igual que en la anterior búsqueda, se muestra los sitios de interés cercanos.
- Búsquedas de sitios de interés: este tipo de búsqueda se divide en tres casos: - Búsqueda sitio específico (el usuario ingresa el sitio que desea obtener, el buscador realiza una búsqueda de sinónimos y corrige ortografía para mostrar un resultado. Si la búsqueda obtiene más de un resultado, las opciones se muestran y el usuario escoge de cual desea obtener información), - Búsqueda categorías (el usuario ingresa la categoría de sitios de interés que desea obtener, el buscador realiza una búsqueda de sinónimos, mostrando todos los sitios de interés en un mapa, donde el usuario escoge el sitio del cual desea obtener información), y - Búsqueda sitios cercanos (el usuario ingresa el sitio de referencia para obtener los sitios cercanos de interés, esta búsqueda funciona de manera similar que la de sitio específico, aunque acá el usuario selecciona el rango de metros).
- Búsqueda de barrios y corregimientos: en este tipo de búsqueda el usuario ingresa el nombre del barrio o corregimiento que desea consultar, el buscador realiza una corrección ortográfica y muestra un resultado. También el buscador muestra información relevante de la geometría y los sitios de interés que ella tiene, si estos se encuentran.

Junto con las opciones de búsqueda, se han desarrollado otras funcionalidades importantes para el buscador:

- Generación de rutas. El usuario selecciona el punto inicial y final de la ruta que desea obtener, con las opciones a pie, en bicicleta o vehículo. El usuario puede realizar diferentes rutas combinando los tipos de búsquedas que pueden ser dirección de malla vial, de manzana, sitios de interés o directamente desde cualquier punto del mapa de la ciudad (Figura 3).

- Actualización de la información. El usuario puede registrarse en el visualizador y mediante el uso de un panel administrativo agregar o editar direcciones de malla vial, manzana y sitios de interés, con el fin de que la información disponible en el buscador esté sujeta a una constante verificación y actualización. Estos cambios primero llegan a un usuario Administrador que autoriza o no el registro de las actualizaciones en la base de datos y la ontología.

Entre otros resultados obtenidos están:

- Conocimiento adquirido sobre la extensión *PostGIS - PostgreSQL* como herramienta para la gestión de información geográfica, ontologías y web semántica para las búsquedas de direcciones y sitios de interés.
- Buscador web semántico con funcionalidades de ubicación de direcciones urbanas y sitios de interés disponible al público.

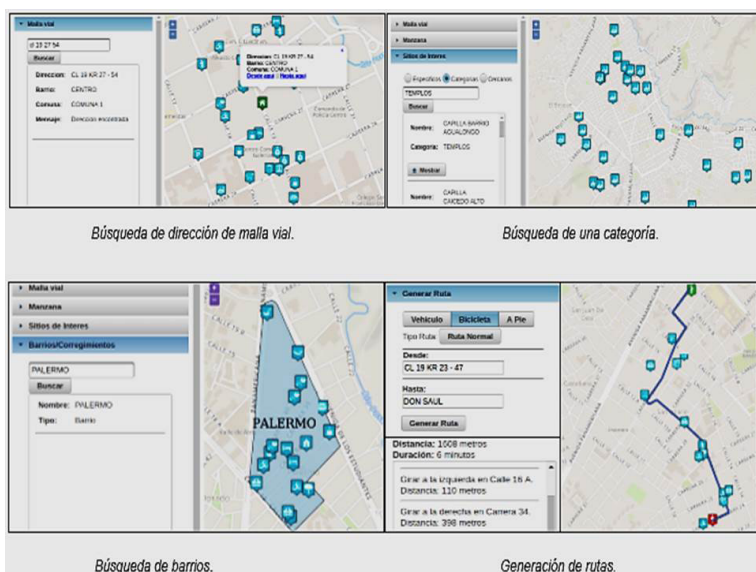


Figura 3. Ejemplos de búsquedas y generación de ruta.

- Implementación de modelo replicable de desarrollo de un buscador con herramientas de software libre que puede ser replicable en distintos entornos con objetivos similares.
- Base de datos espacial con información recolectada de sitios de interés, direcciones y demás geometrías que representan el total de la información geográfica del municipio de Pasto (Tabla 3).

Tabla 3. Información geográfica recolectada: Geometría.

Geometría polígona	Cantidad	Geometría punto	Cantidad
Comunas	12	Direcciones malla vial	87098
Barrios	403	Direcciones manzana	21459
Corregimientos	17	Sitios de interés	780
Veredas	138		

3.2 Discusión de resultados

PostGIS es una herramienta que permite la gestión de la información geográfica de manera sencilla y completa con un gran número de funciones disponibles. Con respecto a las ontologías y web semántica, son temáticas modernas y novedosas que se deberían integrar en nuevos proyectos de software, confirmando lo que dice Zapata, Giraldo & Urrego (2010) donde hace referencia a las ontologías como *«una forma de integrar y hacer explícitos los conocimientos correspondientes a cada una de las fases del ciclo de vida de desarrollo del software, constituyen una contribución muy importante en la profundización del conocimiento requerido en IS, para mantenerlo, adaptarlo, reutilizarlo y producir mejores aplicaciones»*. Sin embargo, para el desarrollo de la investigación la documentación encontrada fue escasa y limitada, el tema es un poco desconocido y el soporte para la mayoría de los lenguajes de programación actuales es limitado.

La información geográfica recolectada contempla las direcciones de malla vial y manzana, barrios y comunas del área urbana del municipio de Pasto, así como de corregimientos y veredas de la zona rural. El proceso de recolección de información fue una etapa extensa debido a que se tuvieron en cuenta diversas fuentes de datos. El uso libre de esta información puede ser masivo y tener implicaciones e impactos favorables para la ciudad, puesto que puede ser tomada y usada en distintos proyectos de transportes, mensajería, gestión territorial, demografía, *geomarketing* y otros campos donde sea necesaria la información geográfica proporcionada, lo cual ratifican Huisman & De By (2009, 43), cuando muestran que los SIG, con sus múltiples posibilidades de uso, se ha integrado a las más diversas disciplinas, donde se puedan involucrar datos espaciales.

El visualizador cartográfico inteligente *Rikhuna* está desarrollado con herramientas de software libre, principalmente en la extensión *PostGIS - PostgreSQL* y el uso de ontologías teniendo en cuenta los requerimientos de la ciudad, por lo cual se han contemplado diversos aspectos específicos de su cartografía durante el proceso de construcción, de

manera que se tenga información actualizada y completa. Por lo anterior, es posible gestionar de una mejor manera la información mostrada al usuario, permitiendo que los resultados sean precisos y coherentes, ya que *«los geoportales web y concretamente las App o visores cartográficos son herramientas muy potentes y útiles para la difusión y transferencia de la información generada en trabajos y proyectos de investigación, y cuya consulta y uso es muy asequible y adecuado para los gestores y para el público en general»* (Auñón et al, 2017, 10/4).

El modelo aplicado para el desarrollo del software Rikhuna puede ser utilizado en la construcción de otros sistemas debido a la importancia que tiene para una comunidad la publicación y divulgación de información geográfica. Desde la etapa de recolección de información, construcción de base de datos y ontología hasta el desarrollo de la herramienta pueden ser replicados en otro contexto, teniendo en cuenta los distintos estándares de direcciones de la zona geográfica, el vocabulario empleado para referirse a las zonas de la ciudad, y siguiendo la arquitectura de software propuesta en este proyecto será posible obtener aplicaciones similares. Una postura completa que apoya el planteamiento de la importancia de los modelos replicables desde un punto de vista económico, la expone Osterwalder (2004, 21), quien sostiene que las fuentes de ingresos rentables y sostenibles en el tiempo nacen a partir de los modelos que pueden llevarse a cabo en otros contextos con igual éxito al de origen, donde llegan a brindar beneficios a múltiples sectores de la sociedad.

4. Conclusiones

El municipio de Pasto cuenta con *Rikhuna*, un visualizador cartográfico libre para localizar sobre su cartografía una dirección urbana, barrio, vereda, corregimiento o sitios de interés (lugares turísticos, centros educativos, centros administrativos, hospitales, centros de atención inmediata, entre otros) y generar diferentes tipos de rutas, con información detallada para llegar hasta ellos.

El proceso investigativo de construcción de *Rikhuna*, permitió tener un acercamiento a tecnologías novedosas relacionadas con sistemas de información geográfica, web semántica y demás temáticas que fueron fundamentales en la construcción del visualizador cartográfico. Este proceso permitió cumplir satisfactoriamente los objetivos inicialmente planteados, sin embargo es importante precisar que durante la etapa de

construcción del visualizador cartográfico surgieron nuevas propuestas que contribuyen al mejoramiento del mismo, de manera que se planea contemplarlas en versiones posteriores de la aplicación.

Como trabajo futuro, se planea construir una App que se integre a *Rikhuna*, para permitir el acceso desde cualquier dispositivo móvil y facilitar las búsquedas de direcciones urbanas y sitios de interés en el municipio de Pasto.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen al Sistema de Investigaciones de la Universidad de Nariño por financiar el proyecto.

Referencias bibliográficas

- AGUILAR MALLEA, Octavio Douglas (2017). Búsquedas Semánticas en una Webquest como Herramienta Didáctica [en línea]. En: bit@bit, Vol. 2 No. 3 (jun). Tarija (Bolivia): Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. p. 35-39. ISSN: 2519-741X <<http://www.uajms.edu.bo/revistas/wp-content/uploads/2017/09/bitabit2017-digital-art5.pdf>> [consulta: 13/05/2018]
- AMAGUAYA RAMOS, Richard Xavier & CAJÍAS BORJA, Eduardo Fabricio (2017). Análisis comparativo del desempeño de base de datos espaciales PostGIS y MySQL Spatial para el desarrollo de un sistema de información geográfica orientado a la gestión de emergencias en la UNACH [en línea]. Tesis de grado (Ingeniero en Sistemas y Computación). Riobamba (Ecuador): Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería. 54 p. <<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/4287>> [consulta: 13/05/2018]
- ARANOFF, Stan (1989). Geographic Information Systems: A Management Perspective. Ottawa (Canada): WDL Publications. 294 p. ISBN: 0-921804-00-8
- ARCGIS (2016a). ArcMap: ¿Qué es la geocodificación? [en línea]. Redlands (California, USA): ESRI <<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/geocoding/what-is-geocoding.htm>> [consulta: 18/04/2016]
- ARCGIS (2016b). ArcMap: Qué son los sistemas de coordenadas geográficas [en línea]. Redlands (California, USA): ESRI <<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/map-projections/about-geographic-coordinate-systems.htm>> [consulta: 18/04/2016]
- AUÑÓN, Francisco Javier; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, Jesús; DE MIGUEL Y DEL ANGEL, Jesús; SÁNCHEZ DE RON, David; NOTIVOL, Eduardo; ALÍA, Ricardo & GARCÍA DEL BARRIO, José Manuel (2017). La transferencia de la investigación para el apoyo a la gestión forestal: La Unidad de SIG, Bases de Datos y Análisis territorial del INIA-CIFOR [en línea]. En: 7º Congreso Forestal Español, 7CFE01-110 (26-30/06/2017). Plasencia (España): Sociedad Española de Ciencias Forestales, SECF. Actas del 7CFE01-110. p. 174-12/4. ISBN: 978-84-941695-2-6 <https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/3932/1/2017_434.pdf> [consulta: 13/04/2018]
- BARRIGA VARGAS, Rodrigo; ANDRADE LEIVA, Cintia & LAZO, José María (2012). Capítulo 7: Almacenamiento de la Información Geográfica [en línea]. En: BERNABÉ-POSADA, Miguel A. & LÓPEZ-VÁZQUEZ, Carlos M. (eds.). Fundamentos de las Infraestructuras de datos espaciales (IDE). Madrid (España): Universidad Politécnica de Madrid. p. 107-116. ISBN: 978-84-9391-966-5 <http://redgeomática.rediris.es/Libro_Fundamento_IDE_con_pastas.pdf> [consulta: 24/05/2018]
- BURROUGH, Peter & MCDONELL, Rachael (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford (England): Oxford University Press. 333 p. ISBN: 978-01-9823-366-4
- BUZAI, Gustavo D. & RUIZ, Ernest (2012). Geotecnósfera: tecnologías de la información geográfica en el contexto global del sistema mundo [en línea]. En: Anekumene, No. 4. Bogotá (Colombia): Universidad Pedagógica Nacional. p. 88-106. ISSN: 2248-5376. <<http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/aneukumene/article/view/7541/6068>> [consulta: 12/05/2018]

- GÓMEZ ROMERO, Jeina Janith & BARRIOS SÁNCHEZ, Adela Mercedes (2015). Diseño e implementación de una apps web que muestre la disponibilidad en los parqueaderos de la ciudad de Montería del departamento de Córdoba [en línea]. Trabajo de grado (Ingeniero de Sistemas). Montería (Colombia): Universidad de Córdoba, Facultad de Ingenierías. 131 p. <<http://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/123456789/486>> [consulta: 12/12/2017]
- GONZÁLEZ GONZÁLEZ, M^a Jesús & DE LÁZARO Y TORRES, María Luisa (2011). La geoinformación y su importancia para las tecnologías de la información geográfica [en línea]. En: Aracne: Revista electrónica de recursos en internet sobre geografía y ciencias sociales, No.148 (jun). Barcelona (España): Universidad de Barcelona. ISSN: 1578-0007. <<http://www.ub.edu/geocrit/aracne/aracne-148.htm>> [consulta: 06/05/2016]
- HERNÁNDEZ CRUZ, Ángela Patricia; PARRA ORTEGA, Carlos Arturo & PORTILLA GRANADOS, Luis Armando (2015). Diseño de una ontología para agentes que monitorean mediciones de sensores [en línea]. En: Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, RCTA, Vol. 2, No. 26. Pamplona (Colombia): Universidad de Pamplona. p. 86-93. ISSN: 1692-7257 <http://ojs.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/2385/1181> [consulta: 10/12/2017]
- HUISMAN, Otto & DE BY, Rolf A. (2009). Principles of Geographic Information Systems: an introductory textbook. Enschede (Netherlands): International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC). 540 p. ISBN: 978-90-6164-269-5 <https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2009/general/PrinciplesGIS.pdf> [consult: 12/05/2018]
- MALPARTIDA VALVERDE, Diego Andrés (2017). Implementación de un buscador semántico de documentos en el dominio de la lingüística [en línea]. Tesis (Ingeniero Informático). Lima (Perú): Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. 72 p. <<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/9162>> [consulta: 10/05/2018]
- MASCARELL GREGORI, Patricia (2014). Geoportal WEB IDE (Infraestructura de Datos Espaciales) [en línea]. Trabajo Fin de Grado (Grado en Ingeniería Informática). Valencia (España): Universitat Politècnica de València, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica. 150 p. <<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/48237/MASCARELL-Geoportal%20WEB%20IDE%20%28Infraestructura%20de%20Datos%20Espaciales%29.pdf?sequence=3>> [consulta: 28/05/2018]
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, ONU (2010). Manual de infraestructura geoespacial en apoyo de actividades censales. New York (USA): Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Estudios de Métodos, Serie F. No. 103. ISBN: 978-92-1361-242-2 <https://unstats.un.org/unsd/publication/seriesf/Seriesf_103s.pdf> [consulta: 12/05/2018]
- OSTERWALDER, Alexander (2004). The business model ontology: A proposition in a design science approach [online]. Thèse (Docteur en Informatique de Gestion). Lausanne (Suisse): Université de Lausanne, 'Ecole des Hautes Etudes Commerciales. 169 p. <http://www.hec.unil.ch/aosterwa/PhD/Osterwalder_PhD_BM_Ontology.pdf> [consult: 10/12/2017]
- WORLD WIDE WEB CONSORTIUM, W3C (2012). Módulo 2: XHTML, Unidad didáctica 7: Intro – HTml ver.5. En: SÁNCHEZ MORALES, Martín. Manual de Desarrollo Web basado en ejercicios y supuestos prácticos. Málaga (Andalucía, España): Lulu.com. p. 161-185. ISBN: 978-12-9103-777-7
- ZAPATA, Carlos M.; GIRALDO, Gloria L. & URREGO GIRALDO, Germán A. (2010). Las ontologías en la ingeniería de software: un acercamiento de dos grandes áreas del conocimiento [en línea]. En: Revista Ingenierías, Vol. 9, No. 16 (ene-jun). Medellín (Colombia): Universidad de Medellín. p. 91-99. ISSN: 1692-3324 <<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v9n16/v9n16a08.pdf>> [consulta: 10/05/2017]