

Los Sistemas de Información Geográfica y su Incidencia en la Visualización Interactiva de Resultados Socio-Ambientales del Uso de Agua y Energía Eléctrica en la Ciudad de Ibarra-Ecuador

Hernán Patricio Castro Andrade

Universidad Técnica del Norte

Ibarra, Ecuador

Hernanpatricioc5@gmail.com

Abstract— Con el objetivo de demostrar la incidencia que tienen los Sistemas de Información Geográfica en la planificación urbana, en este trabajo de investigación se realizó una selección técnica del visor geográfico, mejoramiento en la usabilidad, la adaptabilidad digital de los archivos cartográficos de los datos adquiridos de las empresas EMELONORTE y EMAPA en un mismo sistema de coordenadas. Adicionalmente el desarrollo de una aplicación Web que administre archivos cartográficos hacia la base de datos para mantenerla actualizada. A sí también la selección técnica de una metodología ágil de desarrollo de software y la adaptabilidad de la misma con la finalidad de incorporar calidad a la aplicación informática.

I. INTRODUCCION

Los sistemas de información geográfica en los últimos años han experimentado un amplio crecimiento a nivel de todo el mundo, por permitir el manejo de la información a nivel espacial y la modelización de la realidad del espacio físico, esta nueva forma de representación del espacio terrestre y análisis de datos permite ampliar el campo de los SIG (Sistemas de información geográfica), hacia otras ramas del conocimiento que requiere de un componente espacial para revelar los enigmas de la localización, condición, tendencia, distribución y modelación [1].

La importancia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la aplicación para la formulación de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, principalmente en fases de diagnóstico y propuesta, procesos que han abarcado la recopilación de datos e información existente de múltiples instituciones, generación de información primaria, análisis y procesamiento para finalmente generar propuestas a desarrollarse en años futuros. Para comprender las herramientas de SIG, es necesario entender los elementos y el funcionamiento. En la actualidad se han convertido en un papel muy importante por tanto cabe citar que el 70% de la información que se utiliza en cualquiera de las áreas están georreferenciadas. Es decir que la información se encuentra referenciada geográficamente a un lugar específico e incorpora información adicional relativa a su referencia [2].

A demás servirá para seleccionar la herramienta de los Sistemas de Información Geográfica adecuada para el proyecto estimando aspectos de calidad de software, que en este caso se valorará el aspecto de la Usabilidad.

A nivel del mundo se han realizado varios estudios en varios frentes respecto al crecimiento urbano y la planificación inteligente de algunos países en enfrentar el crecimiento acelerado en las grandes ciudades y al mismo tiempo la conservación de espacios verdes. Es el caso de Ajmer ciudad de Rajasthan (India), donde se

utilizó un modelo SLEUTH (modelos predictivos en la planificación territorial y evaluación de impacto ambiental) para simular el crecimiento urbano complejo, relativamente más heterogénea zona en la ciudad, mediante el uso de mapas satelitales multitemporales y con la ayuda de GIS (Sistemas de información geográfica) han ayudado a ver tendencia y crecimiento en la urbe, y tener una visión más amplia para una planificación

II. CONTEXTO DEL PROBLEMA

El auge de la tecnología contribuye a que se debe estar en una constante actualización y mejoramiento de herramientas de software de visualización geográfica para el tratamiento y análisis de la información de los usuarios y como en el transcurso del tiempo EMELNORTE y EMAPA, empresas de administradoras de energía eléctrica y agua potable, han tenido que realizar cambios de infraestructura en la red de suministro para abastecer las necesidades de consumo de la población de éstos recursos en mención y como el crecimiento poblacional afecta la planificación estratégica. A pesar de la disposición de herramientas informáticas que poseen las dos empresas, cabe mencionar que la información disponible de los usuarios no está ligada a los datos de catastros de la municipalidad, así como la relación entre la información que poseen las dos empresas de EMELNORTE y EMAPA, es decir, cada empresa posee datos del mismo usuario separadamente, por lo tanto se hace imprescindible el acoplamiento de esta información dispersa en una base de datos Geoespacial y que mediante una herramienta de visualización georreferenciada haga posible una vista panorámica de indicadores que permitan mostrar los problemas de la urbe y descubrir las causas que lo genera.

A. Visión General

Ante el inconveniente de tener los datos separadamente se ha visto en la necesidad de:

“Desarrollar un visor interactivo geográfico para la gestión optimizada de los factores que afecten el uso de agua potable y energía eléctrica de la ciudad de Ibarra-Ecuador”. Para lograr desarrollar esta aplicación informática se ha propuesto los siguientes objetivos específicos:

B. Objetivos específicos

- Establecer una base de comparación de Sistemas de información geográfica.
- Adaptar los datos del uso de agua potable y energía eléctrica para integrar en un sistema de información geográfica.
- Crear una interfaz amigable e interactiva para el mapeo de recursos y datos socio-ambientales en la ciudad de Ibarra-Ecuador.
- Determinar la incidencia del visor geográfico como herramienta guía en lineamientos de gestión.

Para lograr desarrollar los objetivos anteriores es necesario conocer algunos antecedentes teóricos en el área de los SIG (Sistema de Información Geográfico), y sus herramientas, estándares implementados en los visores geográficos y aspectos legales de uso.

C. Fundamento teórico de un SIG

En la actualidad se han convertido en un papel muy importante el uso de los SIG, por tanto, cabe citar que el 70% de la información que se utiliza en cualquiera de las áreas están georreferenciadas. Es decir que la información se encuentra referenciada geográficamente a un lugar específico e incorpora información adicional relativa a su referencia [3]. A demás servirá para seleccionar la herramienta de SIG adecuada (Visor geográfico) para el proyecto valorando aspectos de calidad de software, que en este caso se valorará el aspecto de la Usabilidad en el uso del software.

1) *Un SIG*: Viene de las siglas en inglés Geographic Information System, Sistemas de Información Geográfica, donde se define SIG como un, “Sistema de información diseñado para trabajar con datos referenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas.” [3], es la combinación de los datos dentro de un mapa de orden superior, es decir funciona como una base de datos con información georreferenciada ligada a objetos gráficos dentro de un área específica (datos alfanuméricos).

2) *Componentes de un SIG*: Para entender el funcionamiento de un SIG es necesario citar a cinco elementos esenciales que participan directamente, como:

- **Datos**: es el elemento primario para trabajar en un SIG, incorporando datos geográficos, coordenadas.
- **Métodos**: es el conjunto de metodologías que deben ser aplicadas en los datos de estudio.
- **Software**: es una aplicación informática que permite la manipulación de los datos y la aplicación de metodologías.
- **Hardware**: permite el funcionamiento de los anteriores.
- **Personas**: hacen uso de los elementos anteriores para la conformación de análisis de los datos transformados en información.

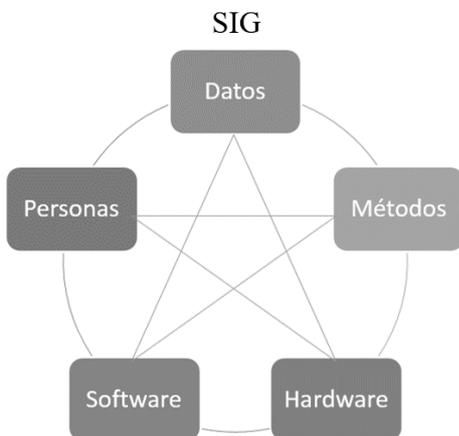


Fig.1 Componentes de un SIG

A éstos componentes actualmente se incorpora un elemento adicional que son los visores web o clientes livianos que agrupan mayor cantidad de análisis enfocado a la nube.

Esta arquitectura se combina para analizar los datos del mundo real representándolos en datos discretos, almacenados con la ubicación geográficamente exacta, mediante el almacenamiento continuo dentro de una matriz o cuadrícula regular a los cuales se les denomina Datos Raster (imágenes que representan a datos e información de la naturaleza o elevaciones), y Datos Vectoriales (representan capas de imágenes de límites políticos, ciudades, calles). Éstos dos

tipos de datos se incorpora información adicional llamada atributos. En este contexto, se puede ilustrar en el siguiente gráfico los dos tipos de dato (Vector, Raster) que debe soportar un visor geográfico más los estándares ISO. [4]

En este contexto del campo de los SIG esta investigación se desarrolló en cuatro etapas que representan cada uno de los objetivos planteados mediante el uso de la siguiente metodología.

III. PROPUESTA METODOLÓGICA

Es necesario realizar un estudio previo concerniente a características de los SIG enfocado en aspectos más relevantes, como, metadatos, capas, estándares de los Clientes ligeros o visores web. Para esta finalidad se realizará:

A. Primera Fase

Selección del Visor Geográfico

1) *Investigación bibliográfica de los Sistemas de Información Geográfica*: Realizar filtros de búsqueda con palabras claves necesarios en las bases de repositorio bibliográficas a nivel mundial.

TABLA I
REPOSITARIOS BIBLIOGRÁFICOS

http://traae.org.ec/ Repositorio de bibliotecas unificadas
https://pkp.sfu.ca/ocs/ Publicación de revista
https://dialnet.unirioja.es/ Revistas, Tesis
http://dl.acm.org/ Buscador de libros, publicación de ponencias realizadas
<ul style="list-style-type: none"> • http://site.ebrary.com/lib/colecciones/search.action?p00=&fromSearch=fromSearch • https://www.dawsonera.com/ • http://scienceresearch.com/scienceresearch/ Buscador de libros, ingeniería
http://go.galegroup.com/ps/i.do?p=GPS&sw=w&u=utn_cons&v=2.1&pg=BasicSearch&it=static&authCount=1&selfRedirect=true Buscador de investigaciones

TABLA II
FILTROS DE BÚSQUEDA

Combinaciones de filtro por fecha de los últimos 5 años
Software SIG o Software GIS
Aplicaciones prácticas en empresas, Casos de estudio
Geographic information systems (más) caso de estudio

2) *Estándares y normativas*: Mediante la tabla tres se logrará establecer un conocimiento

de los SIG sobre los tipos de estándares respecto a la usabilidad como parte de la calidad del software. Realice las búsquedas utilizando los filtros recomendados.

TABLA III
ESTÁNDARES Y NORMATIVAS INTERNACIONALES

ISO 9000, 9126-3 Aspecto de calidad del software
http://standards.ieee.org/ Estándares de la IEEE
https://www.iso.org/home.html Para el estudio y análisis de normas de calidad respecto a la usabilidad en el diseño.
Palabras clave de filtros de búsqueda
1. (“Software GIS”) Coincidencias iniciales
2. (“Software GIS” and “Usabilidad” Or “Calidad”)
3. Fecha de búsqueda 2013-2018
4. Publicaciones, más tipo de documentos revistas de publicaciones científicas
5. Combinar el modo de búsqueda con los numerales 1 a la 4

3) Comparación de clientes ligeros (Visores de navegación web):

Determinar cuál es el más apropiado o cual es el que se ajusta más de acuerdo a variables que se detalla más adelante. Sitios recomendados que se utilizará para la búsqueda:

TABLA IV
SITIOS DE VISORES GEOGRÁFICOS

https://mappinggis.com/ Elementos de herramientas de administración y georreferenciación de datos
http://docs.geoserver.org/2.10.0/user/installation/win_installer.html Documentación del Administrador de mapas
https://live.osgeo.org/es/overview/udig_overview.html Documentación de visores de escritorio y web.

Luego haber revisado los tipos de visores, estándares, normas, se utilizará las siguientes variables para determinar finalmente el visor geográfico más idóneo.

TABLA V
CRITERIO DE VARIABLES

Plataformas de escritorio soportadas. (Usabilidad-Portabilidad) Windows, Mac, Linux,
Plataformas para dispositivos móviles soportadas: (Usabilidad-Portabilidad), Android, iOS
Navegadores de escritorio soportados: (Usabilidad-Portabilidad) Chrome, Firefox, IE 7-11
Navegadores de dispositivos móviles: (Usabilidad-Portabilidad) <ul style="list-style-type: none"> Chrome para Android 4+ y iOS.

<ul style="list-style-type: none"> Firefox para Android. IE10/IE11 para dispositivos basados en Win8. Safari para iOS 3-7.
Estándares OGC implementados mínimos WMS, WMTS, CSW, WFS
Arquitectura modular
Mapeo interactivo: Usabilidad Alto(3), Medio(2), Bajo(1), No cumple (0)
Soporte de capas Raster. (Usabilidad-Compatibilidad)
Soporte de capas Vectoriales (Usabilidad-Compatibilidad)
Filtro mediante catálogo de objetos
Herramienta búsqueda por selección (Select Features). (Calidad de software-Usabilidad)
Cantidad de herramientas Alto(3), Medio(2), Bajo(1), No cumple (0)
Cantidad en líneas de código
Líneas de código
Líneas de comentarios por código
Líneas en blanco por líneas de código
Líneas de código en %
Líneas de comentarios por código en %
Líneas en blanco por líneas de código en %
Características acumuladas: Totales

Se agregará los valores siguientes para la cuantificación de datos:

0 = No cumple – No hay referencias

1 = Bajo

2 = Medio

3 = Alto

Los tipos de visores a comparar serán herramientas de clientes ligeros (Clientes Web):

- OpenLayers 3
- LeafletCesium
- Geomajas
- Mapbender
- GeoMoose
- GeoNode

B. Segunda Fase

Tratamiento digital de los datos cuyo objetivo es “Adaptar los datos del uso de agua potable y energía eléctrica para integrar en un sistema de información geográfica”. Para lograr este objetivo es necesario tener en un solo sistema de coordenadas WGS84 / UTM zona 17S. Como primer paso será la delimitación de la zona de estudio del Catastro general de la parte urbana y

rural de la ciudad de Ibarra, en este caso sólo la zona urbana.

Para datos de las capas shapefile realizar:

- Recorte de la zona de estudio (zona urbana) se utilizará la herramienta de Analysis Tools/ Extract/Clip que permite realizar cortes entre dos capas dentro de un archivo shapefile.

Para datos de extensión XLS realizar:

- Para archivos de datos XLS, se deberá formatearlos de tipo texto/numérico, en Excel (ir en herramientas/General/seleccionar **ABC-Texto/12 número**).
- Seleccionar Display XY Data para crear el tipo de archivo, en este caso Shapefile,
- Especificar la columna del archivo XLS donde se encuentran los datos de coordenadas XY
- Seleccionar un sistema de coordenadas WGS84/ UTM 17S
- Una vez importados y georreferenciados los datos, es necesario guardar y seleccionar el tipo de archivo, en este caso Shapefile,
- Abrir el otro archivo Shapefile que contiene el área de investigación y delimitar luego con el área a delimitar en este caso con los datos INEC, para esto utilizar Analysis Tools/ Extract/Clip, de igual manera con los shapefiles de EMAPA y EMELNORTE.

Para formato DWG, se debe realizar la siguiente transformación de formato.

- Utilizar la herramienta ArcToolbox\Conversion Tools \To CAD \ Add CAD Fiels,
- Abrir el archivo de AutoCAD,
- Direccionar a una carpeta y guardar el nuevo archivo como Shapefile,

Luego de transformar a un mismo tipo de datos shapefile y sistema de coordenadas se realizará una depuración de:

- Polígonos muy pequeños, menores a 4m²
- Polígonos mal dibujados
- Datos duplicados
- Datos sin coordenadas
- Datos con lecturas de cero
- Datos que no están en la zona de estudio

C. Tercera Fase

La creación de la aplicación informática para lograr cumplir el tercer objetivo “Crear una interfaz amigable e interactiva para el mapeo de recursos y datos socio-ambientales en la ciudad de Ibarra-Ecuador”. Mediante la utilización de una metodología ágil seleccionada mediante una previa clasificación de la que mejor se adapta al proyecto bajo los siguientes criterios.

- Cuáles son las metodologías más conocidas.
- Revisar las que han sido citadas y explicadas en libros de ingeniería de software.
- Revisión de las investigaciones, revisiones e implementaciones referenciadas por asociaciones como la IEEE (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica), ACM (Asociación de Maquinaria Computacional), donde mencionan entre un rango de tiempo las cuales fueron las metodologías más populares. [5]
- Tener en cuenta la adaptación en la industria del desarrollo del software en los últimos años y proveedores de software. [5]
- Tabla de valoraciones comparativas de otros autores, buscadores web (área científica y desarrollo).
- Aplicar principios **Qumer** y **HendersonSellers** proponen la fórmula DA. Para medir el grado de agilidad. [6]

Grados de Agilidad (**DA**) mediante la flexibilidad (**FY**), velocidad (**SD**), eficiencia (**LS**), aprendizaje (**LG**) y la adaptabilidad (**RS**). Éste método se utilizará para las dos metodologías más populares.

$DA(\text{Object}) = (1/m) \sum_m DA$ (del inglés, Object, Phase or Practices).

Donde 5=FY, SD, LS, LG, RS (Grados de agilidad).

3= Número de criterio (Inicio, Construcción, Transacción)

1= Verdad

0= Falso

TABLA VI
VARIABLES COMPARATIVAS PARA DETERMINAR EL NIVEL DE AGILIDAD

1.	Desarrollo del proyecto
2.	Desarrollo iterativo e incremental
3.	Modalidad de programación o creación del software
4.	Tiempo horas semanales para desarrollo (40 horas)

D. Cuarta Fase

Como cuarto objetivo se determinará la Visualización de los datos y su incidencia para la mejora de toma de decisiones y planificación.

- Realizar la instalación de la aplicación utilizando los requerimientos no funcionales.
- Realizar una capacitación rápida del manejo de la administración de la aplicación informática.
- Realizar una encuesta determinando el valor de muestra mediante la fórmula estadística para una población finita para la validación respecto a la usabilidad y la incidencia de ésta herramienta informática (visor geográfico) en las empresas de estudio.

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{N * e^2 + Z^2 * p * q}$$

Fig.2 Fórmula para obtener el valor de muestreo de una población finita, obtenida de [7]

IV. RESULTADOS ALCANZADOS

La aplicación de la metodología propuesta ha llevado a determinar una secuencia lógica y selección de las herramientas apropiadas tanto para el desarrollo de la aplicación de software de administración de subida de archivos shapefile para el visor geográfico, como también para la base teórica importante para conocer el grupo de visores geográficos y metodologías de desarrollo de software para alcanzar finalmente una

aplicación que contenga un alto grado de usabilidad como parte de la calidad del software. Para detallar los resultados obtenidos de igual manera se ha dividido en cuatro fases las cuales representan cada uno de los objetivos planteados al inicio de la investigación.

A. Primera fase

Para el análisis de los SIG y selección del Visor Geográfico se llegó a determinar 10 grandes grupos dentro del software libre geoespacial, que se nota en la tabla siete, datos obtenido de [16]

TABLA VII
TIPO DE HERRAMIENTAS SIG

#	Tipo	Total
1	SIG de escritorio	7
2	Clientes ligeros o de navegador Web	8
3	Servicios Web	15
4	Bases de Datos	4
5	Navegación y mapas	6
6	Herramientas espaciales	7
7	SIG de campos específicos	5
8	Datos	4
9	Bibliotecas geoespaciales	4
10	SIG Móvil	9
	Total	69

Listado de Clientes ligeros o de navegador Web con el tipo de lenguaje que fue desarrollado.

- OpenLayers 3 (escrito en JavaScript)
- Leaflet (escrito en JavaScript)
- Cesium (escrito en JavaScript)
- Geomajas (Java)
- Mapbender (escrito en JavaScript)
- GeoMoose (escrito en JavaScript)
- GeoNode (Phyton)

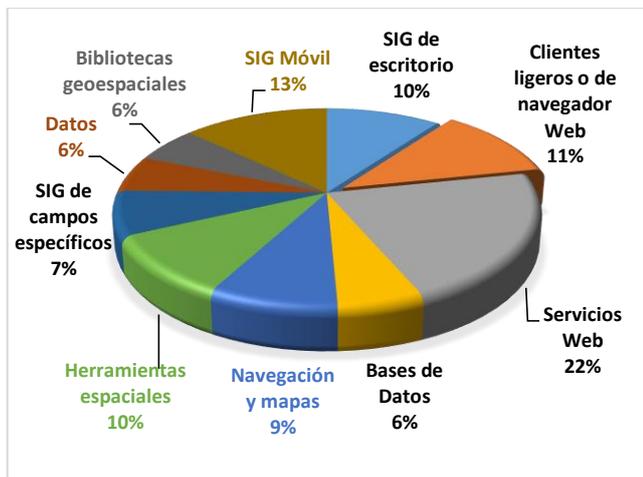


Fig.3 Porcentual representativo de tipos de herramientas SIG

El mayor grupo de aplicaciones SIG son los de Servicios enfocados a la Web, en este caso en primer lugar es Servicios web (Para publicación de datos en la web) con el 22% debido a que contiene 15 aplicaciones informáticas y que son herramientas que permiten la administración de datos shapefile, KML (Lenguaje basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones); en segundo lugar con 13% SIG Móvil, con un total de 9 aplicaciones informáticas diseñados para dispositivos móviles (GPS, Teléfonos móviles, tabletas) y Clientes ligeros o de navegador Web con un 11%. Estos tres grupos que se describen se relacionan mucho debido a que están enfocados a la web, pero los que se tomarán en cuenta para realizar la comparación son los denominados Clientes Ligeros (Por las ventajas revisadas en la metodología).

Con un 11% del total del grupo de herramientas SIG que según la metodología propuesta indica que se tomará en cuenta solo este grupo para el análisis y que se debe tomar en cuenta los siguientes criterios para realizar la selección del visor que más se adapte al proyecto.

TABLA VIII
NORMATIVAS Y ESTÁNDARES

Normativas y Estándares Nacionales
IGM (Instituto Geográfico Militar) Toma en cuenta catálogo de objetos, técnicas para Ortofotos digitales, levantamiento y producción, georreferenciación escalas, control de exactitud posicional en cartografía. Recuperado de Recuperado de [8]
Instituto espacial ecuatoriano (IEE) ex CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos). Metadatos, coberturas a nivel nacional
CONAGE (Consejo nacional de Geoinformática). Proporciona información técnica para la generación de Metadatos baso en la ISO 19115 y su esquema XML, bajo la norma ISO 19139

Normativas y Estándares Internacionales
OGC (Estándar Open Geospatial Consortium), encargado de archivos soportados del tipo: GML : Codificación XML sirve para el transporte y almacenamiento de información geográfica. [9] KML : Es una gramática XML usada para codificar y transportar representaciones de datos geográficos. [10] WFS : Da una interfaz de comunicación que permite interactuar con los mapas servidos por el estándar WMS [11] WMS : Es un estándar para publicar cartografía en Internet definido por OGC , que permite visualizar información geográfica georreferenciada. [12] WCS : Permite realizar las peticiones de cobertura geográfica (3D) [13] CSW : Permite la gestión de metadatos [14]
Comisión ICA (Asociación Cartográfica Internacional): Calidad de los datos espaciales, precisión posicional
Normas ISO (Organización Internacional de Normalización) 19100: Determinación de la calidad de la información 19101: Modelo de referencia 19104: Terminología 19107: Perfil geométrico 19111: Georreferenciación, Coordenadas 19136: Normas para archivos GML, codificación XML 19119: Generación de Metadatos 19115: Descripción geométrica Metadato (PEM Perfil Ecuatoriano de metadatos) 19119: Servicios metadatos 19128: (WMS) interfaz de servidor web de mapas 19126: Determinar el catálogo de objetos 9241: funcionalidad, eficiencia, compatibilidad, <i>usabilidad</i> , fiabilidad, seguridad, facilidad de mantenimiento y portabilidad. "Es un atributo cualitativo definido comúnmente como la facilidad de uso".[15]

En la siguiente tabla se muestra la comparativa en base a estándares y normas.

Para notar que característica cumple, cada aplicación se utilizó el valor de "1", en caso de no cumplir será el valor de "0", en el caso de existir rango de valores, se utilizó Alto (3), Medio (2), Bajo (1) y en caso de no haber referencias tendrá la notación de "No disponible".

TABLA IX
NORMATIVAS Y ESTÁNDARES

Análisis General de los Visores SIG, Clientes livianos o de navegador web							
Visor / Criterio	OpenLayers	Leaflet	Cesium	Geomajas	Mapbender	GeoMoose	GeoNode
Plataformas de escritorio soportadas. (Usabilidad-Portabilidad) Windows, Mac, Linux,	No disponible	1	No disponible	1	1	1	1
Plataformas para dispositivos móviles soportadas: (Usabilidad-Portabilidad) Android, iOS	0	1	0	0	0	0	0
Navegadores de escritorio soportados: (Usabilidad-Portabilidad) Chrome, Firefox, IE 7-11	1	1	1	1	1	1	1
Navegadores de dispositivos móviles: (Usabilidad-Portabilidad) <ul style="list-style-type: none"> • Chrome para Android 4+ y iOS. • Firefox para Android. • IE10/IE11 para dispositivos basados en Win8. • Safari para iOS 3-7. 	1	1	0	0	0	1	0
Estándares OGC implementados mínimos WMS, WMTS,CSW,WFS	0	0	1	0	1	1	1
Arquitectura modular	0	0	0	0	0	1	0
Mapeo interactivo: Usabilidad Alto(3), Medio(2), Bajo(1)	1	1	2	2	2	3	3
Soporte de capas Raster. (Usabilidad-Compatibilidad)	1	1	1	0	0	1	1
Soporte de capas Vectoriales (Usabilidad-Compatibilidad)	1	1	1	1	1	1	1
Filtro mediante catálogo de objetos	0	0	0	0	1	1	1
Herramienta búsqueda por selección (Select Features). (Calidad de software-Usabilidad)	0	0	0	0	0	1	0
Cantidad de herramientas Alto(3), Medio(2), Bajo(1)	1	1	1	1	2	3	3
Cantidad en líneas de código							
Líneas de código	127,194	116,290	346,922	393,932	316,027	47,824	96,998
Líneas de comentarios	39,059	3,609	69,217	151,781	96,358	16,179	24,873
Líneas en blanco	22,292	21,306	53,896	78,222	49,780	10,398	16,945
Líneas de código en %	67.5%	82.4%	73.8%	63.1%	68.4%	64.3%	69.9%
Líneas de comentarios en %	20.7%	2.6%	14.7%	24.3%	20.8%	21.7%	17.9%
Líneas de blanco en %	11.8%	15.1%	11.5%	12.5%	10.8%	14.0%	12.2%
Características acumuladas TOTAL	6	8	7	6	9	15	12

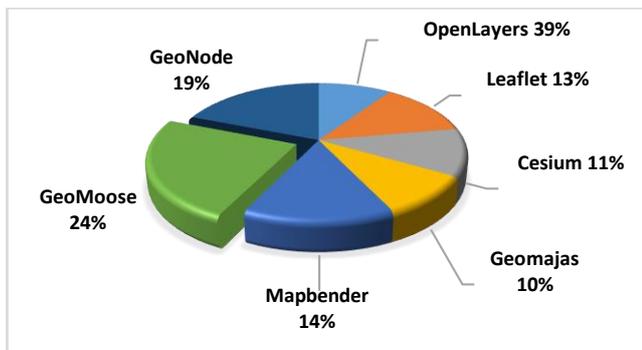


Fig.4 Porcentaje representativo de clientes ligeros

En la gráfica adjunta se puede notar claramente que el Visor GeoMoose es el que mayor porcentaje acumulando un 24% respecto a la tabla anterior basada en las variables propuestas respecto a usabilidad, disponibilidad de la información y compatibilidad con navegadores web. El visor GeoMoose está basado en OpenLayers que cuenta con una madurez de 10 años en la web y soporte técnico [16]. El Visor GeoMoose es un framework de navegación de mapas para la visualización distribuida de datos cartográficos [17]

B. Segunda fase

Siguiendo con la investigación, para el segundo objetivo “Adaptar los datos del uso de agua potable y energía eléctrica para integrar en un sistema de información geográfica”, fue necesario formatear los datos recopilados a un mismo sistema de coordenadas, proyección y delimitación en el área de estudio.

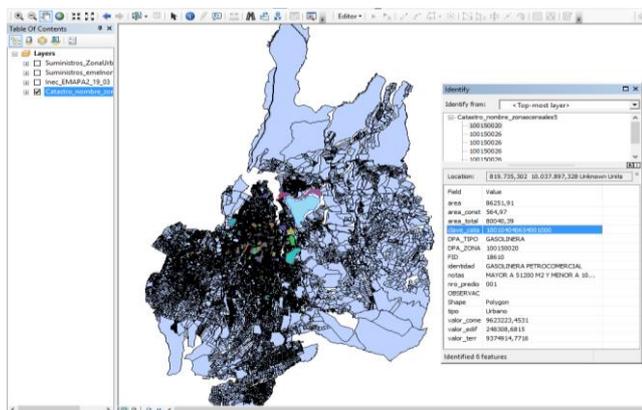


Fig.5 Recorte del shapefile perteneciente a la ciudad de Ibarra (WGS84)

Luego de haber depurado los datos se tiene como resultado las tablas 10 y 11.

TABLA X
DATOS MULTITEMPORALES DE SUMINISTROS

Total de Suministros/Medidores			
Tiempo	Datos Generales	Datos Ciudad de Ibarra	Datos por parroquias
2014	51289	40097	11192
2015	53453	41728	11724
2016	55235	42976	12259

TABLA XI
DATOS MULTITEMPORALES EN m³ DE AGUA POTABLE

Total de Consumo por suministro			
Tiempo	Datos Generales m ³	Datos Ciudad de Ibarra m ³	Datos por parroquias m ³
2014	12142355	9651046	2491309
2015	12585916	9950358	2635558
2016	12937143	10129332	2807811

Estos datos ayudarán par el visor en el sentido de haber colocado ya datos depurados sin polígonos con error (polígonos abiertos) o datos de medidores repetidos. El cruce del área de estudio 32 zonas con datos INEC, y otros cálculos en las respectivas tablas de atributos.

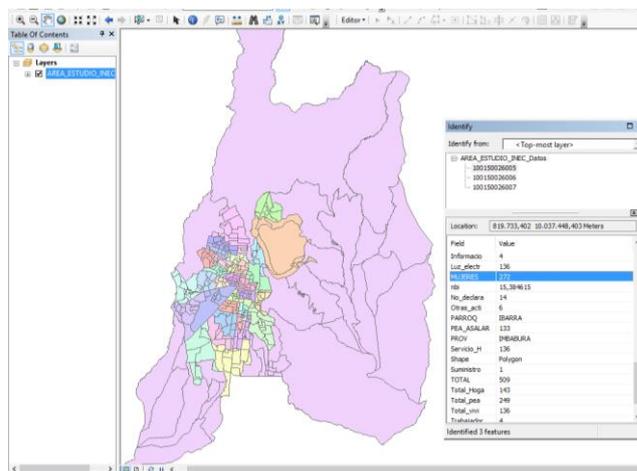


Fig.6 Recorte del área de estudio 32 zonas datos INEC 2010 urbano rural, ciudad de Ibarra

C. Tercera fase

Desarrollo de la aplicación informática mediante la utilización de una metodología ágil y representación de los datos en el Visor Geográfico.

Para la selección de la metodología que se adapta mejor al proyecto se basó en estudios realizados por [18], [19], donde selecciona las metodologías más conocidas como son:

- Scrum
- Extreme Programming (XP)

- Dynamic System Development Method (DSDM)
- Crystal
- Adaptative Software Development (ASD)
- Feature-Driven Development (FDD).

A demás para la selección se tomó en cuenta citas bibliográficas en libros de ingeniería del software, como:

- Sommerville, donde menciona las siguientes metodologías: XP, Scrum, Crystal, ASD, DSDM y FDD. [20]
- Pressman, centra su objetivo en el funcionamiento de: XP, DSDM, ASD, Scrum, FDD y Agile Modelling (AM). [21]
- Jiang y Eberlein, mencionan el soporte de decisión para el desarrollo de procesos de ingeniería de requisitos basándose en, IEEE, XP, Scrum.
- Una revisión de la literatura de prácticas ágiles y sus efectos en el desarrollo de software científico. Cuarto taller Internacional de Ingeniería de Software para Ciencia e Ingeniería Computacional (SECSE '11). Nueva York, ACM, 2011. [22]
- Usuario Diseño experiencia y desarrollo ágil: de la teoría práctica. Revista de Ingeniería de Software y Aplicaciones, 5 (10), 743-751, 2012. [23]
- A feature partitioning method for distributed agile release planning, Disponible desde www.fi.upm.es/catedra-ibmrrational/files/770027.pdf (Acceso diciembre 10, 2017) [24]. Y entre otros más autores, donde mencionan otras metodologías ágiles, pero como más relevantes son XP y Scrum.

Valor asignado por nombramiento por lo menos una vez de los autores anteriormente citados se adjuntan en la tabla XII, donde: nombrado = 1, Sin ninguna cita = 0

TABLA XII
VALORACIÓN DE METODOLOGÍAS BASADO EN AUTORES CONOCIDOS EN EL ÁREA DE SOFTWARE

Autores/Metodología	X P	SCRUM	DSDM	CRYSTAL	(ASD)	(FDD)
Sommerville	1	1	1	0	1	1

Pressman	1	1	1	0	1	1
Jiang y Eberlein	1	1	0	0	0	0
Thorstein, M., Hannay	1	1	0	0	0	0
Szöke, Á.	1	1	0	0	0	0
Total	5	5	2	0	2	2

Se puede observar en la tabla adjunta que las dos metodologías más nombradas son XP y SCRUM por los autores citados, un pequeño muestreo, pero que da una tendencia de popularidad de cada metodología.

Otro método para la selección de una metodología de desarrollo fue la búsqueda sistemática y el filtrado mediante palabras claves: *Metodologías ágiles, software, tesis, libros, artículos* de los últimos cinco años. Hay que notar que los datos fueron recabados en el mes de marzo del 2018 de las URLs de la tabla 13.

TABLA XIII
COINCIDENCIAS DE BÚSQUEDA POR NIVEL DE POPULARIDAD EN BUSCADORES WEB

Buscador/Metodología	XP	SCRUM	DSDM	CRYSTAL	ASD	FDD
https://scholar.google.es	24700	19100	2300	1960	680	742
http://rraae.org.ec/	3180	4560	3	12	4	2
https://dialnet.unirioja.es/	7	5	1	20	3	0
http://onlineibrary.wiley.com/	21	6	0	37	0	0
https://www.ieee.org	3	6	0	0	1	0
http://sciencesearch.com/scienceresearch/	1219	918	903	1339	1078	930
Total	29130	24595	3207	3368	1766	1674

Y finalmente para la selección se determinó el grado de agilidad sólo de las dos metodologías más populares según el método planteado mediante el uso de variables y la utilización de la fórmula:

$$DA(\text{Object}) = (1/m) \sum_m DA(\text{del inglés, Object, Phase or Practices})$$

Variables determinadas por los valores/grado de agilidad (**DA**) mediante la flexibilidad (**FY**), velocidad (**SD**), eficiencia (**LS**), aprendizaje (**LG**) y la adaptabilidad (**RS**). Donde:

Donde el número 5 =FY, SD, LS, LG, RS (número de variables)

Interfaz frontend donde se tiene el acceso al visor geográfico, auspiciantes, herramientas de BI y parte administrativa de capas geográficas.

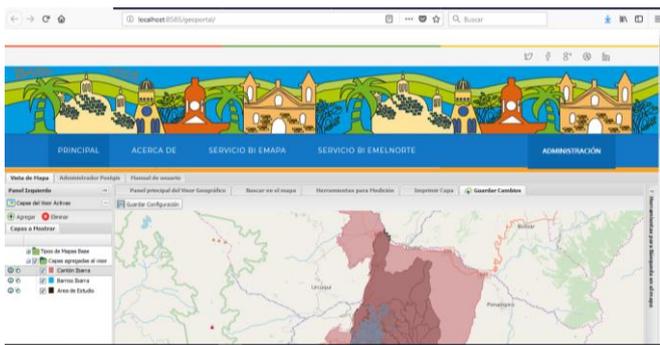


Fig.10 Interfaz del visor web

D. Cuarta fase

Resultados de la incidencia de la aplicación informática mediante una encuesta realizada.

Fórmula simplificada para obtener la muestra

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{N * e^2 + Z^2 * p * q}$$

TABLA XVI
VARIABLES PARA DETERMINAR EL VALOR DE LA MUESTRA

Población finita	
Cuando se conoce cuantos elementos tiene la población	
Parámetros	Valores
N = Universo	10
Z = nivel de confianza	1.96
e = error de estimación	0.05
p = probabilidad a favor	0.5
q = probabilidad en contra	0.5
n = tamaño de la muestra	10

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.5 \times 0.5 \times 10}{10 \times 0.05^2 + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} = \frac{3.8416 \times 0.5 \times 0.5 \times 10}{0.025 + 0.9604} = 10$$

A continuación, se presenta la encuesta con cada resultado.

1) *La organización de los menús o la información presentada en el visor geográfico es:*

La pregunta uno persigue la organización que mantiene el menú, herramientas respecto al diseño de interfaces y colorimetría, como también la distribución de todos los accesos directos (botones). En la figura 11, se puede observar que tiene un buen porcentaje de aceptación lo que indica que el diseño es aceptable.

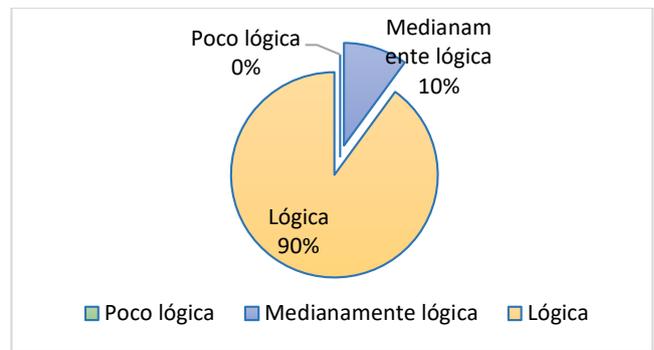


Fig. 11 Resultados porcentuales pregunta uno

2) *Los mensajes para prevenir errores son:*

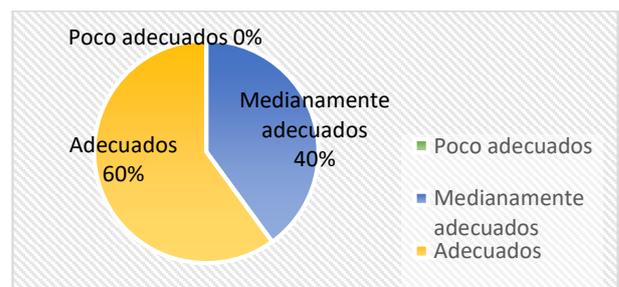


Fig. 12 Resultados porcentuales pregunta dos

Esta pregunta es para saber qué tan claros son los textos de mensajes de error o advertencia, esto con la finalidad de que la aplicación interactúe con el usuario y también evite el ingreso de datos incorrectos. Como resultado se obtuvo un poco más del 50% lo que nos indica que en algunas ocasiones no son muy apropiados

3) *El visor geográfico interactivo tiene una interfaz:*

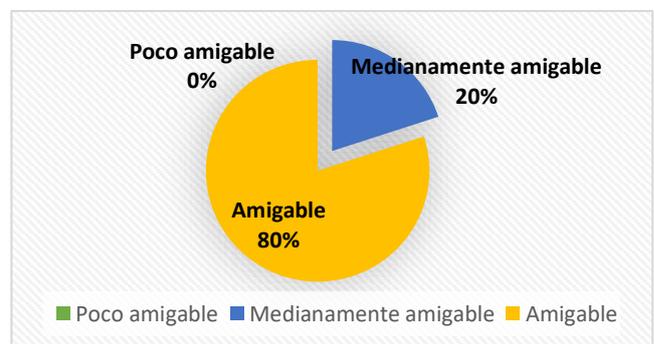


Fig. 13 Resultados porcentuales pregunta tres

Los resultados de esta pregunta son coherentes a la pregunta uno, porque la distribución de las herramientas fue aceptada y el diseño de la interfaz es sencilla y dispone lo necesario.

4) *La interfaz del software es fácil de usar:*

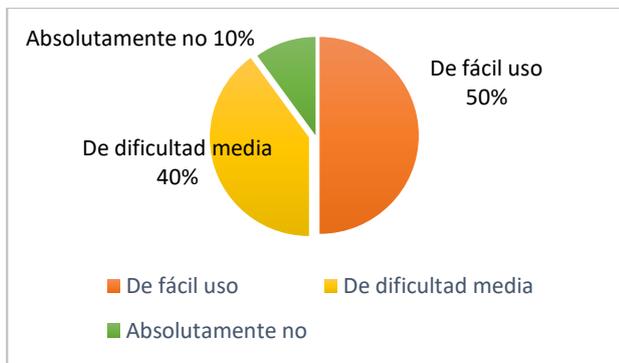


Fig. 14 Resultados porcentuales pregunta cuatro

En este caso se puede notar que tanto la distribución de herramientas y diseño son compatibles pero el uso de las mismas no es tan claro, el porcentaje puede darse porque algunas de las personas que se hizo la encuesta no tiene conocimientos básicos por lo menos de datos cartográficos o desconoce del tema, por lo tanto, no lo es tan fácil el uso. Pero se puede concluir que se mantiene la usabilidad de la aplicación en términos de calificación buena.

5) *Las herramientas que incorpora el visor geográfico son:*

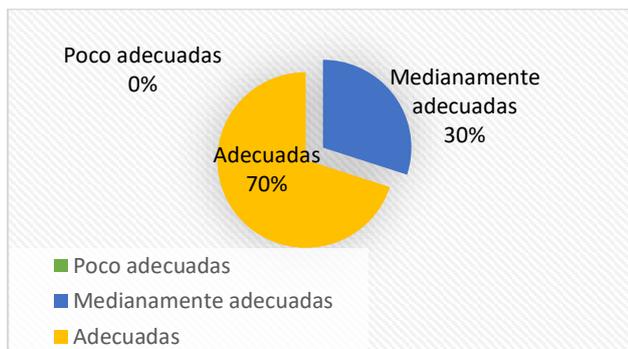


Fig. 15 Resultados porcentuales pregunta cinco

Las herramientas son adecuadas en un 70% dando a notar que, si son apropiadas para el visor geográfico y un 30% medianamente adecuadas, esto puede darse porque en la encuesta se integró a personas que tenían poco conocimiento de cartografía, esto se realizó justamente para ver la facilidad de interpretación visual del diseño con las herramientas.

6) *Los formatos (WMS, WFS, WMTS, CSW, KML, ATOM, GEORSS, Shapefile, WMC.) soportados por el visor geográfico para subir layers son:*



Fig. 16 Resultados porcentuales pregunta seis

En esta pregunta permite saber qué estos tipos de formatos son conocidos con un 89% de los encuestados, lo que permitirá que en otras versiones sigan manteniéndolos en el visor geográfico y dan la ventaja de tener archivos en diferentes formatos ampliando las posibilidades del uso de la aplicación informática.

7) *La visualización de resultados en varias capas cartográficas dentro del visor le permiten identificar con rapidez los problemas detectados en el polígono de la zona urbana:*

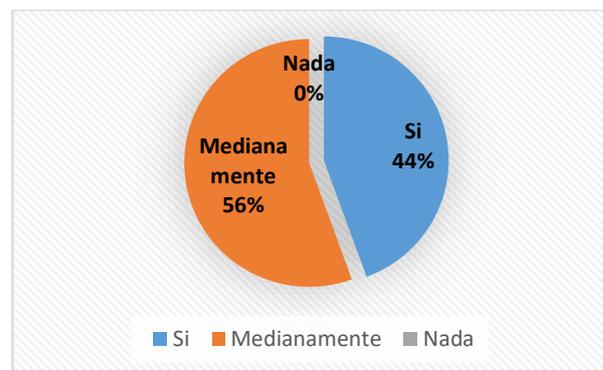


Fig. 17 Resultados porcentuales pregunta siete

Se puede evidenciar que tiene una aceptación del 56% lo que indica que se debe seguir mejorando la presentación de los datos geográficos.

8) *El uso del visor geográfico interactivo permite mejorar la planificación del servicio que las empresas EMAPA, EMELNORTE brindan en la urbe:*

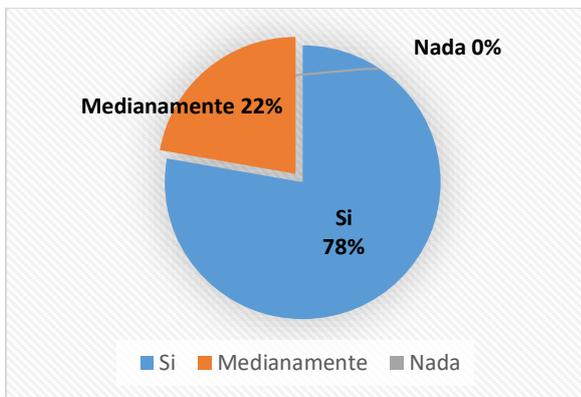


Fig. 18 Resultados porcentuales pregunta ocho

Un 78% de las personas encuestadas ven en la aplicación una herramienta que permite mejorar la planificación, un 22% dan como un software que medianamente dará mejoras en la planificación para las instituciones.

9) *La utilización del visor geográfico interactivo le permite dar una mejor respuesta a las necesidades que se generan en la zona urbana donde las empresas prestan el servicio:*

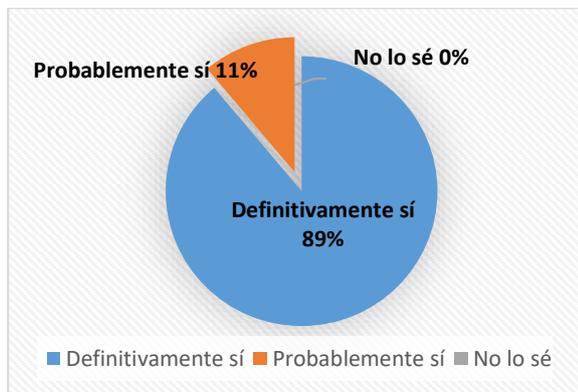


Fig. 19 Resultados porcentuales pregunta nueve

Un 89% de los encuestados respondieron afirmativamente, lo que significa que las herramientas y formatos de archivos soportados por el visor geográfico permiten visualizar rápidamente los sitios vulnerables en la urbe. Hay que mencionar que se puede incorporar un sinnúmero de capas cartográficas y hacer búsquedas dinámicas capaces de filtrar datos por cualquier campo de la tabla de atributos y visualizarlos de manera inmediata.

10) *Recomendaría usar y aplicar el presente software en las empresas:*

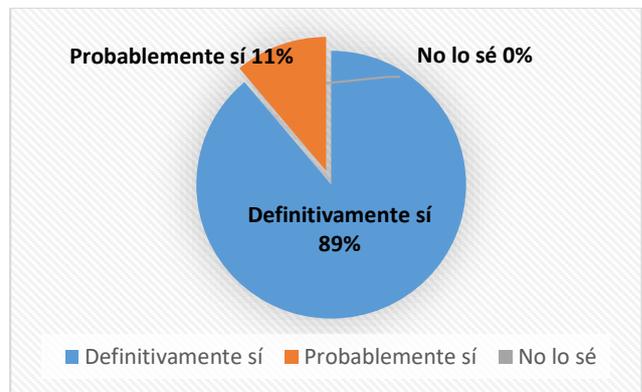


Fig. 20 Resultados porcentuales pregunta diez

Un 89% de los encuestados si recomendaría el uso del visor geográfico, por lo tanto, queda demostrado que ésta herramienta informática incide en la mejora para la toma de decisiones dentro de la planificación, en consecuencia, un aumento en el porcentaje de la calidad empresarial en el servicio hacia los clientes.

La encuesta aplicada refleja una alta aceptación de la aplicación informática implementada ante el problema que se identificó para realizar esta investigación, se tomó en cuenta a el área administrativa en cada empresa. Es notorio que en las preguntas uno a cinco, relacionadas a la **usabilidad** de la aplicación mantiene un porcentaje de aceptación por parte de los usuarios, por lo tanto, esto demuestra que el uso y aplicación de estándares y metodologías de desarrollo tienen una incidencia al momento del desarrollo de aplicaciones más amigable y fácil de usar por parte de los usuarios finales.

V. CONCLUSIONES

- Cuando se implementan las capacidades de acceso a datos remotos en un entorno Web con elementos que incorporan Sistemas de Información Geográfica, se consigue ampliar la diversidad de análisis de los datos por los usuarios y lograr identificarlos geográficamente.
- Al realizar una selección de un grupo de visores geográficos se pudo constatar que la mayoría está basada en OpenLayers, permitiendo la publicación de datos geográficos con mejor facilidad en el entorno Web debido al lenguaje de programación de Javascript en el que está desarrollado, lo que ha permitido que soporte una amplia gama de datos vectoriales de fuentes abiertas más populares y en varias proyecciones.

- Para la selección de un visor geográfico a partir de un grupo de clientes ligeros fue necesario aplicar algunas variables, como: la usabilidad, número de herramientas disponibles, compatibilidad en navegadores Web, líneas de código respaldado con comentarios, entre otras. Se determinó el más óptimo para incorporar los datos geográficos logrando sumar calidad hacia la aplicación final.
- Se debe tener en cuenta estándares de calidad en las aplicaciones informáticas, realizar pruebas en cada fase del desarrollo propuesta por la metodología XP, como también no se puede construir un software sin la participación continua del usuario final.
- Los datos estandarizados a través del visor geográfico mediante la utilización de especificaciones OGC es muy relevante en la administración y mantenimiento de la aplicación geográfica Web a través del tiempo, logrando presentar información de calidad, actualizada y abaratando costos de mantenimiento.
- Las metodologías ágiles presentan un enfoque primordial al momento del desarrollo de una aplicación informática, porque permiten dar seguimiento de cada una de las fases de construcción de un software, ajustando en gran porcentaje a la satisfacción de los usuarios finales con niveles óptimos de calidad dentro del tiempo requerido y planificado.
- El papel importante que juega la obtención de los historiales de usuario, es primordial para lograr una aplicación de software que cumpla con las expectativas iniciales del proyecto, lo cual reducen costos de mantenimiento, recursos humanos y tiempo de reprogramación del software.
- La aplicación de la ingeniería del software durante las fases del desarrollo de un software permite que incida en la presentación de datos y/o resultados visuales y geográficamente presentados a los usuarios finales para la toma de mejores decisiones como también en una acertada planificación de la urbe en la distribución equitativa de los recursos de energía eléctrica y servicio de agua.

REFERENCIAS

- [1] Ordóñez, A. Z., de Mier, C. G., & Álvarez, B. M. (2010). SIGC: hacia una arquitectura orientada a servicio basada en software libre para los SIG de la Junta de Andalucía. In *La información geográfica al servicio de los ciudadanos [Recurso electrónico]: de lo global a lo local* (pp. 615-623). Universidad de Sevilla.
- [2] Víctor Ayala, (2014). *Sistemas de Información Geográfica*
- [3] Víctor Ayala, (2014). *Sistemas de Información Geográfica*
- [4] Канин, Д. М., Паринаова, Л. В., & Львович, И. Я. (2013). Информационные технологии как инструментальный интелектуализации управления устойчивым развитием территории. *Информация и безопасность.*, 16(1), 31.
- [5] Cadavid, A. N., Martínez, J. D. F., & Vélez, J. M. (2013). Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software. *Prospectiva*, 11(2), 30-39.
- [6] QUMER, A y HENDERSON-SELLERS, B. Comparative Evaluation of XP and SCRUM using the 4D Analytical Tool (4-DAT). Alicante, Spain, 2006a.
- [7] Vargas Biesuz, B. E. (2014). Tópicos de inferencia estadística: El método inductivo y el problema del tamaño de la muestra. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 7(7), 86-92.
- [8] IGM, 2017. *Geoportales y Visores Geográficos*. Recuperado de <http://sni.gob.ec/geoportales-y-visores>
- [9] Cox, S., Cuthbert, A., Daisey, P., Davidson, J., Johnson, S., Keighan, E., ... & Reich, L. (2002). OpenGIS® Geography Markup Language (GML) Implementation Specification, versión.
- [10] Sandvik, B. (2008). Using KML for thematic mapping. Institute of Geography School of GeoSciences. Edinburgh, University of Edinburgh. MSc in Geographical Information Science, 22.
- [11] Iglesias, V. F., Luaces, M. R., & Trillo, D. (2017) Servicio de impresión de información geográfica en forma de mapas siguiendo el estándar OGC WPS
- [12] Álvarez, A. G (2010). RESEÑA BIOGRÁFICA. In I CONGRESO URUGUAYO DE INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES CONTRIBUYENDO AL DESARROLLO DE UNA RED REGIONAL-2010 (p. 56).
- [13] Fonts Bartolomé, Ó., & Granell Canut, C. (2009). Visualización geográfica 3D. Estándares y aplicaciones.
- [14] Hontoria, J. P., & i Subirana, J. C. (2008). Nuevas perspectivas en el uso de la información geográfica: las infraestructuras de datos espaciales. *Treballs de la Societat catalana de Geografia*, 641-653.
- [15] Sánchez, W. O. (2015). *La usabilidad en Ingeniería de Software: definición y características*.
- [16] OSGeo-Live 11.0, (2017), OSGeo-Live, Recuperado de <https://live.osgeo.org/es/overview/overview.html>
- [17] OSGeo. (2017). *Documents*. Recuperado de <https://docs.geomoose.org/master/apidocs/files/GeoMOOSE/Application-js.html>
- [18] Cadavid, A. N., Martínez, J. D. F., & Vélez, J. M. (2013). Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software. *Prospectiva*, 11(2), 30-39.
- [19] Tinoco Gómez, O., & Rosales López, P., & Salas Bacalla, J. (2010). Criterios de selección de metodologías de desarrollo de software. *Industrial Data*, 13 (2), 70-74.
- [20] Sommerville, I. (2009), *Software engineering.*, Boston, Addison Wesley 2010, (9ª ed.)
- [21] Pressman, R. S. (2005), *Ingeniería del software: un enfoque práctico*. México, 2005, McGraw-Hill.
- [22] Thorstein, M., Hannay, J., Pfahl, D., Benestad, H., & Langtangen, H. A literature review of agile practices and their effects in scientific software development. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Software Engineering for Computational Science and Engineering*.
- [23] Da Silva, T. S., Silveira, M. S., Maurer, F., & Hellmann, T. (2012). User experience design and agile development: From theory to practice. *Journal of Software Engineering and Applications*, 5(10), 743.
- [24] Szöke, Á. (2011, May). A feature partitioning method for distributed agile release planning. In *International Conference on Agile Software Development* (pp. 27-42). Springer, Berlin, Heidelberg.