

Planeación, análisis y diseño del SIG del Campus de la Universidad del Quindío*¹

[Planning, analyzing, and designing the SIG of the University of Quindío campus]

JOSÉ JOAQUÍN VILA-ORTEGA², LINA MARÍA CASTRO-BENAVIDES³
DIANA MARCELA RIVERA-VALENCIA⁴, SERGIO AUGUSTO CARDONA-TORRES⁵

RECIBO: 20.08.2011 - AJUSTE: 09.09.2011 - AJUSTE: 04.10.2011 - APROBACIÓN: 17.12.2011

Resumen

El desarrollo de este trabajo consiste en la presentación de una metodología de trabajo que contemple la fase de análisis y diseño del proceso de desarrollo de software. Dentro de la metodología es necesario realizar extracción de información mediante reuniones, entrevistas, encuestas con los actores que están involucrados dentro del proyecto, además de los documentos que puedan estar relacionados con el proyecto. Posterior al levantamiento de información se hará un análisis de la información y se especificaran

* Modelo para citación de este artículo científico

VILA ORTEGA, José Joaquín; CASTRO BENAVIDES, Lina María; RIVERA VALENCIA, Diana Marcela y CARDONA TORRES, Sergio Augusto (2011). Planeación, Análisis y Diseño del SIG del Campus de la Universidad del Quindío. En: Ventana Informática. No. 25 (jul. – dic., 2011). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 173-188. ISSN: 0123-9678

- 1 Artículo proveniente del proyecto .sobre SIG del Campus de la Universidad del Quindío.
- 2 Ingeniero Cartógrafo; MSc. en Ciencias Técnicas; PhD. en Ciencias Técnicas, Especialidad Sistemas de Información Geográfica.
Investigador, Grupo de Investigación Geoide-G62. Coordinador CEIFI-Centro de Estudios e Investigación Facultad de Ingeniería, Universidad del Quindío, Armenia (Colombia). Correo electrónico: jjvilaortega@uniquindio.edu.co
- 3 Ingeniero de Sistemas y Computación.
Investigador, Grupo de Investigación Geoide-G62. Universidad del Quindío, Armenia (Colombia). Correo electrónico: lmcastro@uniquindio.edu.co
- 4 Ingeniero de Sistemas y Computación.
Investigador, Grupo de Investigación Geoide-G62. Universidad del Quindío, Armenia (Colombia). Correo electrónico: dmrivera@uniquindio.edu.co
- 5 Ingeniero de Sistemas; Especialista en procesos para el desarrollo de software.
Director del Programa de Ingeniería de Sistemas y Computación. Investigador Grupo de Investigación Geoide-G62. Universidad del Quindío, Armenia (Colombia). Correo electrónico: sergio_cardona@uniquindio.edu.co

requerimientos que necesite el sistema de información geográfica. Esto será posible mediante técnicas de elicitación de requisitos y el uso de algunos artefactos que provee el Lenguaje Unificado de Modelado UML. La metodología necesita de un componente de investigación cualitativa que permita la búsqueda de las directrices que ésta deba tener. Este estudio se basará en entrevistas abiertas y estructuradas mediante formatos de observación directa. Es necesario considerar los estándares internacionales usados por la industria de los sistemas de información geográfica tales como Open Gis Consortium (OGIS) e iniciativas locales como la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE).

Palabras Clave: *Sistemas de Información Geográfico, Metodología de desarrollo de software, Catalogo de objetos, Técnicas de Elicitación.*

Abstract

The development of this research needs to show a methodology that includes elements of eliciting requirements. Within the methodology is necessary to extract information through meetings, interviews, surveys of stakeholders involved in the project, as well as documents that may be related to the project. After the information gathering will be an analysis of information and specifying requirements required by the geographic information system. This will be possible through eliciting requirements techniques and the use of some artifacts that provides visual modeling language. The methodology requires a qualitative research component that allows search of guidelines that should be the methodology. This study is based on open interviews and structured by direct observation formats. It is necessary to consider international standards used by the industry of geographic information systems such as Open GIS Consortium (OGIS) and local initiatives such as the Colombian Spatial Data Infrastructure (ICDE)-IGAC.

Keywords: *Geographic Information Systems, Development Software Methodology, Object Catalog, Eliciting techniques.*

Introducción

Para una Universidad, la alineación de las tecnologías de la información con los procesos de negocio es fundamental para el logro de su misión y de los objetivos estratégicos institucionales. Por consiguiente, un paso clave en el desarrollo de las tecnologías de la información será la

creación y el fortalecimiento de una infraestructura confiable y efectiva, que contemple la implementación de métodos unificados de acceso a los datos corporativos, el mejoramiento de los procesos administrativos, de los recursos informáticos.

«El Sistema de Información Geográfica del Campus de la Universidad del Quindío (SIGUQ), se proyecta como una herramienta de gestión, que de soporte a la toma de decisiones, planificación del uso de espacios, expansión, e infraestructura del Campus de la Universidad del Quindío. El objetivo General del Proyecto inicial es “Planear, analizar y diseñar el Sistema de Información Geográfica (SIG) del campus de la Universidad del Quindío” (Vila, Castro y Cardona, 2011).

Este artículo describirá los pasos que se han seguido durante el proyecto, iniciando con el estudio del estado actual de los procesos de información de la Universidad del Quindío, permitiendo así dimensionarlo y enfocarlo dentro de los requerimientos de la organización. En el mismo orden, se comienza con el estudio de la teoría sobre Sistemas de Información, Sistemas de Información Geográfica, planeación, análisis y diseño del SIG. La investigación bibliográfica se centrará en la búsqueda de metodologías recientes utilizadas en este tipo de desarrollo, integrando los conceptos y funciones específicas que permitan llevar a cabo el proyecto en su mejor medida.

1. Fundamento teórico

Un Sistema de Información Geográfica –SIG– utiliza tanto datos georreferenciados como no espacializados, e incluye operaciones que soportan el análisis espacial. El objetivo común de un SIG es la toma de decisiones para administrar la tierra, recursos, transporte, océanos u otras entidades espacialmente distribuidas y conectadas entre los elementos de un sistema geográfico, como ubicación, proximidad, distribución espacial. En este contexto, *«un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelado y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión»* (Cowen, 1997).

El poder de los SIG, puede aprovecharse al máximo a nivel empresarial, y académico, donde hay mucho que ganar de sus capacidades en cuando a conectar gente con el conocimiento, con información disponible para toda la organización, quienes tomen decisiones obtienen una imagen más clara de la realidad, los datos se actualizan regularmente, y se comparten más datos, reduciendo la duplicación de esfuerzos (Pang Lo y Yeung, 2002, 532).

En la práctica actual son pocos los ejemplos documentados de los SIG aplicados a las Universidades, pero aun así se pueden mencionar algunos casos de cómo en otras partes han abordado la solución de este problema.

1.1 Metodología para la implementación del SIG del Campus de la Universidad del Quindío

La implementación de los SIG requiere de metodologías que soporten diferentes actividades tales como la planeación, análisis, diseño e implementación, entre otras. Sin embargo, la implantación de este tipo de sistemas presenta dificultades pues el carácter de los SIG como ciencia multidisciplinaria, ha tornado su implementación en una tarea problemática, tanto por la diversidad de los miembros de los equipos presentes en el dominio de aplicación, como por el amplio espectro de posibles usuarios de la información espacial, de acuerdo con Aime, Bonfatti y Monaire (1999, 122-127) y Traynor y Williams (1995). Por lo anterior, se ha desarrollado una metodología (Figura 1) adaptando las metodologías como RUP⁶, y MDS-IGAC⁷, al proyecto SIG del campus Universitario.

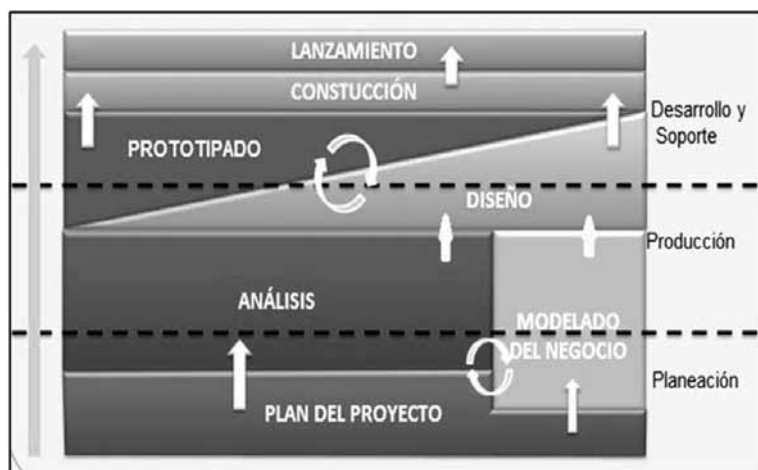


Figura 1. Metodología DISIG-CF (Quiceno y Martínez, 2011)

- 6 Rational Unified Process (RUP), es un marco de proceso integral que ofrece a las prácticas de la industria, la prueba del software y la entrega e implementación de sistemas y para la gestión eficaz de los proyectos, según afirma IBM (s.f.).
- 7 La Metodología para el Desarrollo de Software, «MDS – IGAC presenta un ciclo de vida mixto, el cual incluye una forma escalonada y en espiral. Las actividades que se ejecutan en la fase de análisis pueden tener iteraciones que permitan refinar los artefactos de acuerdo a los requerimientos y exigencias del cliente. Sin embargo cuando la fase finaliza, ésta se comporta como un escalón, es decir la fase es inmodificable y es la base para la ejecución de las siguientes fases» (IGAC, s.f.)

1.1.1 Plan de proyecto. En el plan del proyecto se definen el ámbito, los objetivos y el enfoque global del trabajo que se va a llevar a cabo. Constituye un elemento fundamental para iniciar, planear, ejecutar, controlar y evaluar el proyecto. Este documento debe ser el único punto de referencia en el proyecto con respecto a las metas y objetivos, ámbito, organización, cálculos, plan de trabajo y presupuesto del mismo. Además, sirve de contrato entre el equipo del proyecto y los patrocinadores del mismo, al indicar qué se va a entregar conforme al presupuesto, límites de tiempo, riesgos, recursos y estándares acordados para el proyecto. La tabla 1 muestra los hitos desde la fase de Planeación hasta la fase de Diseño de la metodología aplicada.

1.1.2 Análisis. La construcción de un sistema de información requiere seguir un proceso de desarrollo de software que permita la realización de diferentes actividades que soporten la especificación de modelos, el uso de estándares, lenguajes y tecnologías asociadas. Las diversas actividades, métodos y prácticas que se especifican en el proceso, deben estar asociadas a la producción de software, afirma Sommerville (2004). Pero debido a la característica distintiva del software, la maleabilidad, también se deben detallar en la especificación del proceso de desarrollo de software, las estrategias que acompañan la evolución de éste (gestionar el cambio). Las tareas o actividades que integran a los procesos de desarrollo de software, según Sommerville (2004), especifican cuatro actividades que son comunes a todos los procesos de desarrollo:

- Especificación del Software: Se engloban todas las actividades orientadas a definir la funcionalidad y las restricciones del software para su operación.

Tabla 1. Fases y Entregables del Proyecto (Vila, Castro y Cardona, 2010)

Hitos	Descripción
Planeación Planeación del Proyecto.	Descripción del Plan del Proyecto.
Análisis Modelado del negocio. Elicitación de requisitos ⁸ . Especificación de requisitos.	Actividad que permite conocer el contexto de implementación del sistema de información. Conocimiento de los requisitos y necesidades de los usuarios del sistema de información. Realización de casos de uso a partir de los requisitos.
Diseño Diseño. Definición de la arquitectura. Diseño interfaz del usuario.	Especificación del diseño estructural del sistema de información geográfica. Vista de alto nivel del sistema con los componentes y sus interacciones. Diseño del Prototipo de interfaz gráfica.

⁸ Considerando que el anglicismo Elicitación no es admitido por la Real Academia de la Lengua, se debe entender como Levantamiento o Definición de requisitos (nota del editor).

- Desarrollo del Software: Involucra todas las actividades dedicadas a la producción del software, según lo especificado en la actividad anterior.
- Validación del Software: Esta actividad se centra en asegurar que el sistema proporcione lo que el cliente quiere.
- Evolución del Software: Involucra a las actividades que permiten gestionar el cambio.

1.1.3 Modelado de negocio. Un modelo del negocio puede ser la base para la especificación de los requisitos más importantes del sistema que dará soporte al negocio, según consideran García et al. (2007). Además, permite identificar dónde están ubicados los problemas u oportunidades de mejora. Por este motivo se consideró necesario aplicar el modelado del negocio del Proceso de Desarrollo Unificado, RUP, como disciplina inicial de la metodología aplicada para el desarrollo del Proyecto.

La realización de las actividades de esta disciplina permite un primer contacto con la realidad institucional y se realizan con la finalidad de identificar los procesos estratégicos de la Universidad y de entender los flujos de información entre las dependencias, actores y los procesos relacionados con el área de desarrollo Físico de la Universidad. El resultado de esta búsqueda se describe por medio de los artefactos de Casos de Uso del Negocio, que definen los procesos de negocio u objetivos estratégicos, y los Diagramas de Actividad en UML, de acuerdo con Booch, Rumbaugh y Jacobson (1998). Un caso de uso puede ser definido como una secuencia de acciones, incluyendo variaciones, que el sistema puede ejecutar y que produce un resultado observable de valor para un actor que interactúa con el sistema, según Booch, Rumbaugh y Jacobson (1998), y un Diagrama de Actividad captura el modelo del negocio asignado a un caso de uso, o modela la lógica detallada del negocio, afirma Ambler (s.f.).

La primera actividad inicia con un reconocimiento de la situación actual de la Universidad del Quindío, en cuanto a dependencias que requieran información de la oficina de planeación Física, lo que permitirá el inicio de la planeación del SIG. Se acudieron a fuentes externas e internas para conocer el dominio del problema y el sistema actual de dicha institución, incluyendo su misión, organigrama y Procesos. Además, se realizaron varias visitas a la Dependencia de Planeación Física donde fueron entrevistadas personas con un amplio conocimiento de la manera en que opera internamente la Universidad, y cómo realiza su proceso de planificación y gestión a nivel interno.

En la Universidad se pueden destacar cuatro macroprocesos (procesos Estratégicos, misionales, de apoyo, y Seguimiento y evaluación) (Figura 2), que deben ser soportados y unidos por sistemas de información que permitan su correcta gestión, la toma de decisiones y la integridad de los datos.



Figura 2. Macroprocesos institucionales

En un nivel de más detalle el macroproceso *Administración del Campus*, que hace parte del Macroproceso de Apoyo, encargado de *Cumplir de manera eficiente y eficaz con los planes de trabajo aprobados en relación con el mantenimiento y dotación de la planta física*. Al ser éste el macroproceso que *Aplica a todas las actividades que se realizan desde la Identificación, asignación de los recursos disponibles hasta la prestación y verificación de los servicios prestados en la Administración del campus*, se hace relevante su entendimiento de tal forma que permita diseñar un SIG que satisfaga las reales necesidades de la Dependencia.

Para cumplir con este objetivo, la Universidad cuenta con líneas vitales (Figura 3), es decir los sistemas principales que soportan el funcionamiento de la Universidad y que son los siguientes: La Dependencia de Planeación Física apoya estas líneas a través de sus procesos: Mantenimiento planta física, vigilancia planta física y porterías, contratación, adecuación planta física, mantenimiento y soporte, sistemas de información, sistema de gestión ambiental integral, activos fijos.

Se han dividido estas líneas vitales, según la categorización establecida por el catálogo de objetos del IGAC-CIAF (2005), donde se presentan las temáticas contenidas (Control Geodésico, Catastro, Transporte, Recurso Natural y Ambiente Natural, Hidrografía, Modelo Digital, Entidad

Territorial y Unidad Administrativa, Nombre Geográfico, Imagen, Datos Socioeconómicos) y la codificación asignada.

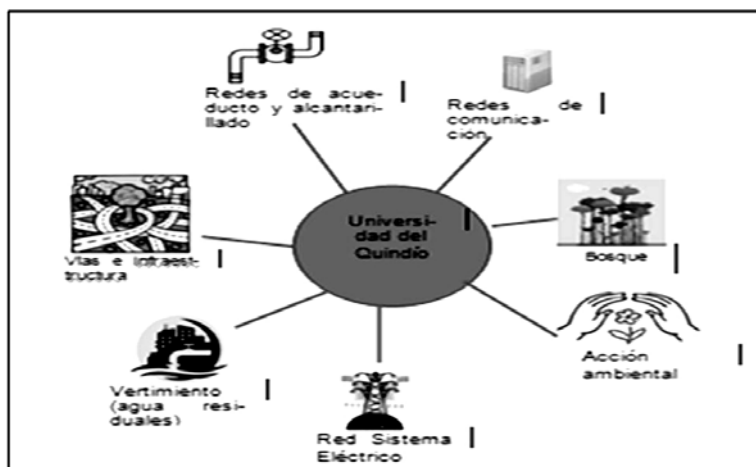


Figura 3. Líneas vitales de la Universidad del Quindío

La Infraestructura de Datos Colombiana de Datos Espaciales los catálogos de objetos, son la primera aproximación a una representación abstracta y simplificada de la realidad y en una estructura que organiza los tipos de objetos espaciales, sus definiciones y características (atributos, dominios, relaciones y operaciones), y unificarlas siguiendo el catálogo de objetos, de tal manera que sean integrables, homologables y fácilmente comprensibles, y permite la creación, revisión y actualización de catálogos, estableciendo pruebas de conformidad para su validación. Este catálogo de Objetos fue adoptado en la Norma ISO 19110 (ISO, 2005). Las categorías que se encuentran en la Universidad, se muestran en la Figura 4.

En la Universidad es importante concretar el Plan de Desarrollo Físico de los próximos cinco años, y por ello debe prever el futuro de su planta física y la consolidación de los espacios necesarios para alojar el desarrollo académico institucional en la cantidad y calidad requeridas, desde la reflexión de los propios estamentos o, una discusión técnica y académica sobre lo que debe ser el futuro modelo de planta física de la Universidad del Quindío. Para lograrlo es importante gestionar la información de los elementos físicos de la Universidad y poder intervenirlos de acuerdo a la necesidad establecida, sea para: optimizar espacios académicos y administrativos, mejorar la movilidad con prelación al peatón, crecimiento y densificación ordenada del campus, conservación y mejoramiento del entorno ambiental ⁹.

⁹ Política Intervención de los espacios Físicos Plan Estratégico 2009-2011. Universidad del Quindío.

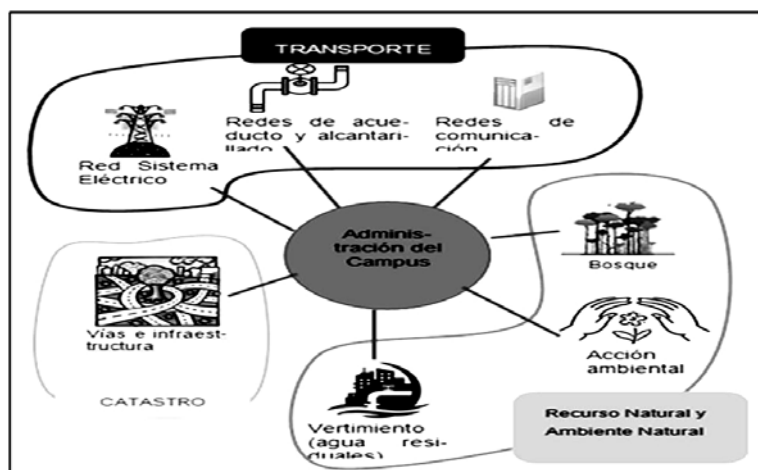


Figura 4. Categorías del catálogo de objetos identificados en las Líneas vitales de la Universidad del Quindío.

Por lo anterior, la primera aproximación a la solución software es el de poder gestionar los elementos físicos del Campus Universitario. El siguiente Caso de Uso del Negocio y el Diagrama de Actividad más relevante para dar cumplimiento al objetivo del macroproceso *Administración del Campus* (Figuras 5 y 6).

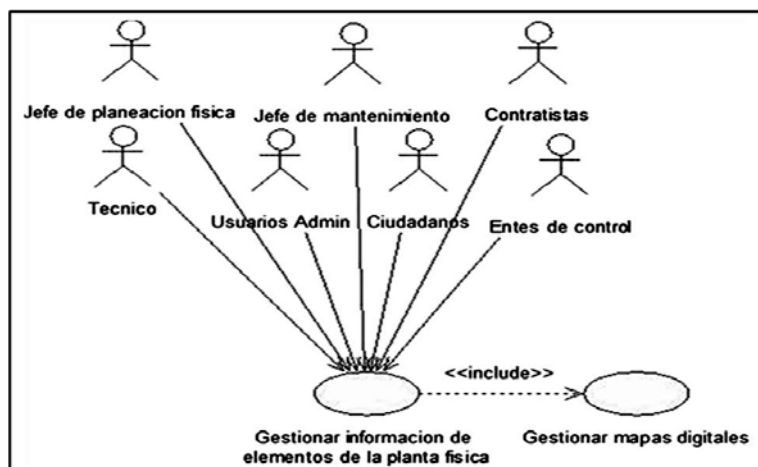


Figura 5. Caso de Uso del Negocio. Gestionar Información de la Planta Física

1.1.4 Levantamiento de requisitos. Para ello, se utilizó la metodología propuesta por MDS-IGAC (IGAC-CIAF, 2005) que permitió la

identificación del modelo del Dominio, los actores que están involucrados dentro del proyecto, y los Casos de Uso del sistema. Éstos artefactos son el resultado de diferentes técnicas de definición de requisitos, que dependiendo de la información que era necesaria adquirir se realizaron las siguientes técnicas. El primer paso era determinar el Dominio del Proyecto, para lo cual se utilizó la técnica de revisión de fuentes internas y externas de información. Además de entrevistas con expertos en el área. El modelo del Dominio provee *una gran foto* de las interrelaciones entre las entidades del negocio dentro de una organización compleja. El modelo del dominio muestra típicamente las principales entidades del negocio y sus responsabilidades funcionales y las relaciones entre las entidades, asegura Menard (2003).

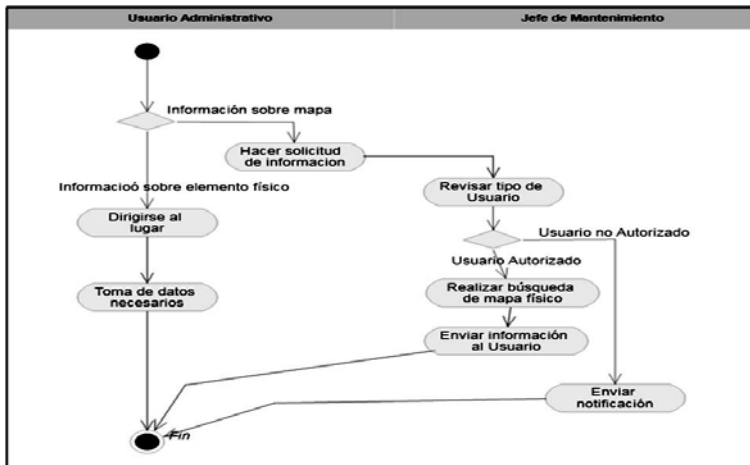


Figura 6. Diagrama de Actividad. Gestionar Información de la Planta Física

Se identifican las entidades del negocio (Figura 7) que harán parte del proyecto y su relación con las categorías de objetos del IGAC-CIAF (2005). Los requisitos definidos y especificados en esta fase serán incluidos en un documento de especificación de requisitos del software definidos por la metodología MDS-IGAC.

1.1.5 Especificación de requisitos en casos de uso. El modelo del negocio puede ser la base para la especificación de los requisitos más importantes del sistema que dará soporte al negocio, siendo por tanto el propio negocio lo que determine los requisitos. Una vez identificados los procesos de negocio de la organización, y descritos sus flujos de trabajo mediante diagramas de actividades, los casos de uso se definen y estructuran a partir de las actividades de cada proceso, mientras

que las entidades del modelo conceptual se obtienen de los datos que fluyen entre tales actividades, como lo aseguran García et al. (2007).

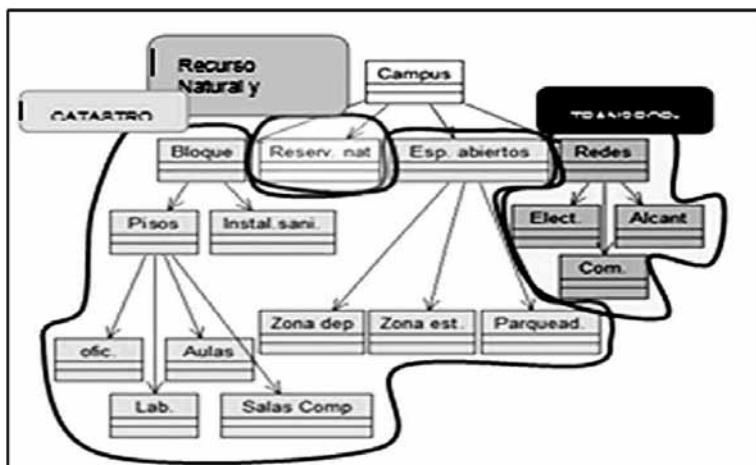


Figura 7. Modelo del Dominio del Negocio

Lo anterior conlleva a identificar el *Caso de Uso Gestionar Mapas Digitales* (Figura 8), como parte importante de la propuesta de solución al *Caso de Uso del Negocio Gestionar Elementos Planta Física*. En consecuencia tener la capacidad de *Gestionar Elementos Planta Física*, implica que el Sistema internamente permita gestionar los elementos físicos georreferenciados, que puedan ser consultados por los usuarios y visualizados en un mapa.

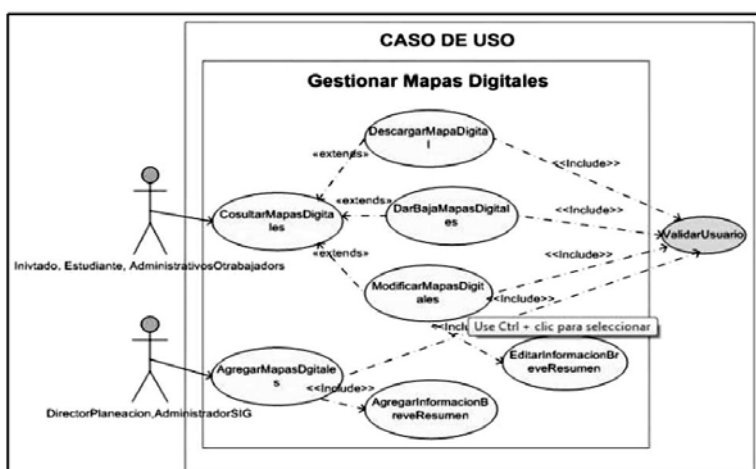


Figura 8. Caso de Uso Gestionar Mapas Digitales

El éxito de la aplicación SIG es utilizar los datos espaciales requeridos para facilitar el enlace espacial y no espacial de datos, que habilitarán la capacidad del sistema para proveer las herramientas que apoyen la toma de decisiones de manera oportuna, simple y efectiva.

1.1.6 Generación de información georreferenciada. La calidad relativa a la recolección de los datos debe ser asegurada a través de la correcta especificación de la exactitud de los dispositivos de recolección de datos, como aseguran Quintanilha y Rodrigues (1997, 318). Se ha realizado un Control de la Calidad de esta información, apoyados en las Normas Técnicas Internacionales ISO 19113 (ISO, 2002), 19114 (ISO, 2003) y 19138 (ISO, 2006). En consecuencia, los planos correspondientes a las líneas vitales de la Universidad que han sido levantados durante varios años por la Dependencia de Planeación, y que actualmente se encuentran georreferenciados son de alta calidad permitiendo su óptima visualización, tareas de análisis espacial y geoprocésamiento. Un ejemplo de ello son las Figuras 9 y 10.

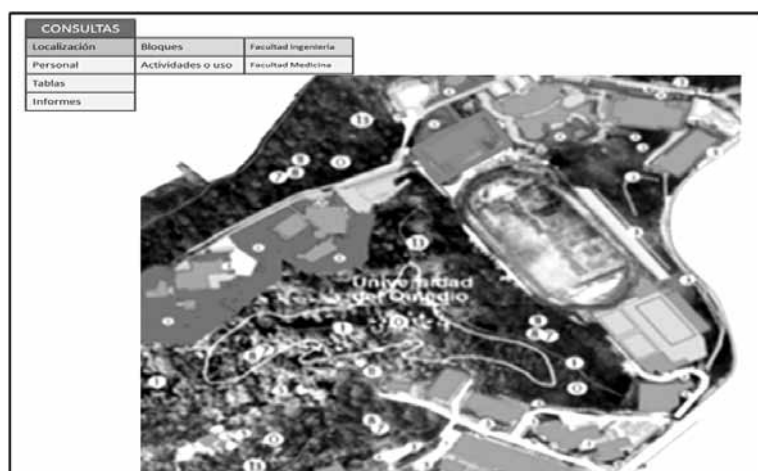


Figura 9. Mapa Universidad del Quindío

«El conjunto de datos geoespaciales conforma el insumo básico para integrar información trascendental para una nación. Por lo tanto, las sociedades actuales requieren conocer la existencia de los datos, confiar en su calidad, determinar su nivel de aplicación y acceder fácilmente a ellos, con el fin de que se pueda compartir e integrar información de diferentes fuentes para poder tomar acciones preventivas y correctivas de forma efectiva y eficiente» (Bernal, 2009).

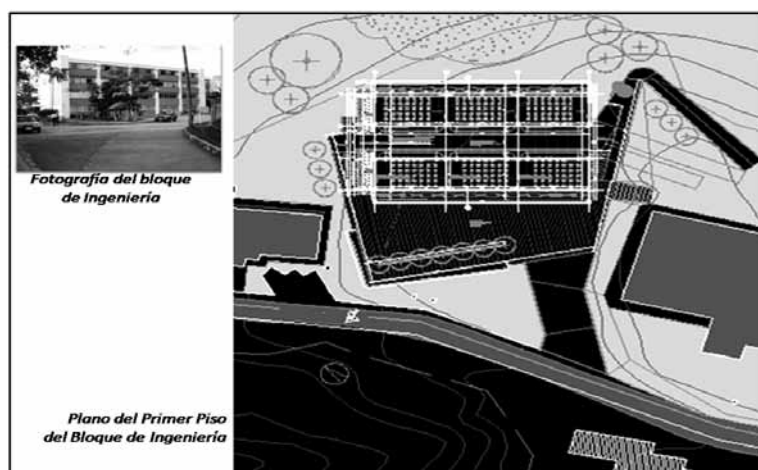


Figura 10. Bloque de Ingeniería Universidad del Quindío

2. Metodología

Este proyecto inicia con el estudio del estado actual de los procesos de información de la Universidad del Quindío, permitiendo así dimensionarlo y enfocarlo dentro de los requerimientos de la organización. En el mismo orden, se comienza con el estudio de la teoría sobre Sistemas de Información y Sistemas de Información geográfica.

La investigación bibliográfica se centrará en la búsqueda de metodologías recientes utilizadas en este tipo de desarrollo, integrando los conceptos y funciones específicas que permitan llevar a cabo el proyecto en su mejor medida. Además, se requiere de apoyo técnico y bibliográfico en Internet, con el fin de obtener mayor información acerca de nuevas tecnologías y metodologías utilizadas en ambientes de desarrollo de Sistemas de Información y Sistemas de Información Geográfica.

3. Resultados y discusión

En el proceso de realización del proyecto se logró planear, analizar y diseñar un Sistema propio y único de información geográfica para la administración del campus de la Universidad del Quindío (Administración física) como primera etapa para la dependencia que se encarga de dicha labor, con el fin de integrar posteriormente los sistemas administrativos, financieros y contables que tenga lugar en el ejercicio de la administración del campus.

En este proceso, además del producto tangible representado en un Plan del Proyecto, Análisis de Requisitos y un Diseño de Bases de Datos espaciales, se pudo lograr la vinculación de jóvenes estudiantes a través de un proyecto de grado, con una calificación laureada, y la presentación de resultados en la Ponencia XIV Convención y Feria Informática Internacional 2011, La Habana (Cuba), en donde las calificaciones fueron positivas y muy alentadoras en cuanto la originalidad y pertinencia del trabajo, por participantes como Brasil y Argentina, quienes mostraron su interés en trabajar mancomunadamente a futuro para implementar este trabajo o alguno que se pueda desarrollar con las especificaciones propias de los interesados, lo cual, le da un gran valor agregado no solo a la productividad sino a la formación integral de los docentes y estudiantes, demostrando la importancia de estos proyectos en el cumplimiento de los ejes misionales de la universidad (academia, investigación y extensión).

4. Conclusiones

- La construcción del SIGUQ apoyará la toma de decisiones en la Universidad con el objetivo de optimizar esfuerzos y realizar inversiones más efectivas.
- Tener un sistema de información geográfica permite minimizar el volumen de trabajo de las organizaciones y mejorar además los procesos de comunicación de los datos, siendo éste último vital al momento de requerir información para la toma de decisiones inmediatas, y la Universidad del Quindío no es ajena a esta necesidad. Por lo tanto, el desarrollo de este Proyecto le permitirá rediseñar y optimizar sus procesos de información, y adquirir los beneficios que esto conlleva.
- En el trabajo de campo realizado entre los integrantes del grupo de investigación y los funcionarios de la dependencia de planeación, se identificaron algunos problemas. Formulación de preguntas técnicas en construcción de software a expertos en planeación, resistencia a artefactos producidos y métodos de elicitación de requisitos ejecutados por el grupo de entrevistadores, por parte de los expertos de planeación física.
- Es necesario realizar un proceso de acercamiento con expertos técnicos de la dependencia para lograr un consenso en entregables, mostrándoles las ventajas del proceso de elicitación de requisitos que se lleva en el momento, usando modelado de requisitos basado en casos de uso.

- La investigación ha permitido desarrollar una metodología propia para el caso particular y heterogéneo como lo es el caso de la Universidad del Quindío.

Bibliografía

- AIME, Andrea; BONFATTI, Flavio and MONAIRE, Paola Daniela (1999). Making GIS closer to end users of urban environment [on line]. In: 7th ACM international symposium on Advances in geographic information systems, GIS'99 (02-06/11/1999), Kansas City (Missouri, USA): ACM. Proceedings, GIS'99, New York (NY, USA): ACM, p. 122-127, ISBN: 1-58113-235-2. <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=320165&dl=ACM&coll=DL&CFID=49382830&CFTOKEN=22355712>> [consult: 15/08/2011]
- AMBLER, Scott W. (s.f.). UML 2 Activity Diagrams [on line]. Armonk (NY, USA): Ambyssoft Inc. (IBM services group) <<http://www.agilemodeling.com/artifacts/activityDiagram.htm>> [consult: 15/08/2011]
- BERNAL Cubillos, H. (2009). Datos Fundamentales, cimientos esenciales para la construcción de una IDE. Bogotá (Colombia): Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. p. 71-79
- BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James and JACOBSON, Ivar (1998). The Unified Modeling Language User Guide. Colorado (USA): Addison-Wesley. 512 p. ISBN: 0201571684
- COWEN, David (1997). What is GIS [on line]. In: GOODCHILD, M.F., and KEMP, K.K. (eds.) (1990). NCGIA Core Curriculum in GIS. Santa Bárbara (California, USA): National Center for Geographic Information Analysis, NCGIA. <<http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis/notes/ncgia/u01.html#UNIT1>> [Consult: 08/2009]
- GARCÍA MOLINA, Jesús; ORTIN, M. José; MOROS, Begona; NICOLÁS, Joaquín y TOVAL, Ambrosio. (2007). De los Procesos del Negocio a los Casos de Uso. En: Ciencia y Técnica Administrativa Vol. 06, No. 04 (oct.-dic.), Buenos Aires (Argentina): CyTA. ISSN 1666-1680 <<http://www.cyta.com.ar/ta0604/v6n4a1.htm>> [Consulta: 12/08/2011]
- IBM (s.f.). IBM Rational Unified Process (RUP) [on line]. Armonk (NY, USA): International Business Machines, IBM Corporation. <<http://www-01.ibm.com/software/awdtools/rup/>> [consult: 10/08/2011]
- IGAC (s.f.). Metodología de Desarrollo de Software: Ciclo de vida MDS-IGAC [en línea]. Bogotá (Colombia): Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. <<http://geoservice.igac.gov.co/mds/igac/>> [consulta: 12/08/2011]
- IGAC-CIAF (2005). Catálogo de Objetos DOC-CAT-01 Versión 1.3 [en línea]. Bogotá (Colombia): Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. (oct.). <http://www.cp-idea.org/documentos/datos/DOC_CAT_01_Catalogo_de_Objetos_Colombia.pdf> 33 p. [consulta: 15/08/2011]
- ISO (2002). ISO 19113:2002: Geographic information - Quality principles [on line]. Geneva (Switzerland): International Organization for Standardization, ISO. <http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=26018> [consult: 10/08/2011]
- ISO (2003). ISO 19114:2003: Geographic information - Quality principles procedures [on line]. Geneva (Switzerland): International Organization for Standardization, ISO. <http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=26019> [consult: 10/08/2011]
- ISO (2005). ISO 19110:2005: Geographic information - Methodology for feature cataloguing [on line]. Geneva (Switzerland): International Organization for Standardization, ISO. <http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=39965> [consult: 10/08/2011]
- ISO (2006). ISO/TS 19138:2006: Geographic information – Data quality measures [on line]. Geneva (Switzerland): International Organization for Standardization, ISO. <http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=32556> [consult: 10/08/2011]
- MENARD, Richard (2003) Domain modeling: Leveraging the heart of RUP for straight through processing [on line]. In: Developer Works (15/06/2003). Armonk (NY, USA): International Business Machines, IBM Corporation. <<http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/2234.html>> [consult: 10/08/2011]

- PANG LO, Chor and YEUNG, Albert K. W. (2002). Concepts and techniques of Geographic Information Systems, 2 ed. Upper Saddle River (NJ, USA): Prentice-Hall. 544 p. ISBN: 10-013149502X
- QUICENO RESTREPO, Claudia y MARTINEZ LÓPEZ, Laura Cristina (2011). Adecuación de una metodología para el diseño de un sistema de información geográfica para la administración del campus físico de una institución educativa. Armenia (Colombia). Universidad del Quindío. 89 p.
- QUINTANILHA, J.A y RODRIGUES, M. (1997). Aspectos de calidad en sistemas de información geográfica. En: Información Tecnológica. Vol. 8, No. 4. La Serena (Chile): Centro de Información Tecnológica. p. 317-322. ISSN: 0718-0764
- SOMMERVILLE, Ian (2004). Software Engineering, 7 ed. London (UK): Addison Wesley. 784 p. ISBN: 0321210263
- TRAYNOR, Carol and WILLIAMS, Marian G. (1995). Why are geographic information systems hard to use? [on line]. In: CHI '95 Conference companion on Human factors in computing systems (07-11/05/1995). Denver (Colorado, USA): ACM/SIGCHI. Proceedings, CHI '95, New York (USA): ACM. ISBN: 0-89791-755-3
- VILA ORTEGA, José Joaquín, CASTRO BENAVIDES, Lina María y CARDONA TORRES, Sergio Augusto. (2011). Planeación, Análisis y Diseño de un SIG para el Campus de la Universidad del Quindío. En: Informática 2011, XIV Convención y Feria Internacional (07-11/02/2011), La Habana (Cuba): GeoCuba. Tecnologías Convergentes: Integración e independencia. ISBN 978-959-7213-01-7
- VILA ORTEGA, José Joaquín. CASTRO BENAVIDES, Lina María, y CARDONA TORRES, Sergio Augusto. (2010). Planeación, análisis y diseño del Sistema de Información Geográfica (SIG) del campus de la Universidad del Quindío. Armenia (Colombia). Universidad del Quindío. 58 p.