



Aplicabilidad del Modelo de Información de Edificios en el ámbito geoespacial para apoyar el Plan Maestro de Desarrollo Físico y Tecnológico de la Universidad Distrital

José Nelson
Pérez Castillo¹

José Ignacio
Rodríguez Molano²

Resumen

Algunas de las tareas de las Instituciones de Educación Superior colombianas, como los planes maestros, se gestionan generalmente por medio de un Sistema de Información Geográfica (*Geographic Information System*, SIG), en virtud a que los procesos en estas actividades requieren un alto nivel de integración de información geoespacial. Hoy en día, el Modelo de Información de Edificación (*Building Information Model*, BIM) tiene la capacidad de abarcar la geometría de la construcción, las relaciones espaciales, la información geográfica, y las propiedades de los componentes relacionados con cualquier edificio involucrado en un plan de desarrollo físico. En este contexto, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en Bogotá Colombia, integrará estos dominios, en función del plan de desarrollo institucional. Esta investigación demuestra que es posible transferir la información adquirida a partir del BIM hacia el entorno geoespacial. Los resultados también confirman que el BIM proporciona el nivel y la cantidad de información suficiente para la perfecta integración entre la información geográfica y la información del edificio.

Palabras clave: Interoperabilidad, Ciclo de Vida de Edificación, TICs Construcción, Gestión Ambiental, BIM, Ambiente Virtual de Edificación.

Applicability of Building Information Models in Geospatial Environment to Support Physical and Technological Development Master Plan of the Distrital University

Abstract

Some tasks in the higher education in Colombia such as master plans are usually managed by using a Geographical Information System (GIS), as the tasks in these processes require a high level and amount of integrated geospatial information. Nowadays, Building Information Models (BIMs) have the capacity for encompassing building geometry, spatial relationships, geographic information, and properties of the components related to physic development plan. In this context, the Distrital University Francisco José de Caldas at Bogotá, Colombia integrates these domains according to institutional development plan. This research has demonstrated that it is possible to transfer information acquired from BIMs into the

geospatial environment. The results also confirmed that BIMs provide a sufficient level and amount of information for the seamless integration between geographic information and building information.

Key words: Interoperability, Building Cycle Life, ICT Construction, Environmental Management, BIM, Virtual Building Environment.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La integración de CAD/GIS/BIM

Durante los últimos años, las comunidades del ámbito geoespacial y de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC), han venido trabajando en esta perspectiva de la integración e interoperabilidad en estas dos importantes áreas de la actividad humana. Mientras que desde la perspectiva de lo geoespacial, el interés se centra en modelos correspondientes a entidades del mundo real con objetos en dos o dos y media dimensiones, como los que se encuentran en los mapas y en los modelos digitales del terreno, en el caso de los edificios y obras civiles en general la atención es puesta en un contexto tridimensional.

En el campo de la AEC, el Modelo de Información de Edificación (BIM) busca facilitar la administración efectiva del uso compartido y el intercambio de información de edificación a lo largo del ciclo de vida completo de todos los proyectos. En [1] se define un BIM como una representación digital paramétrica, orientada a objetos, inteligente y muy rica en datos correspondientes a una instalación particular, de la cual se puede generar información, empleada posteriormente en la toma de decisiones y en los procesos de entrega de una edificación. También, un BIM se define [2], como una representación computable de todas las características físicas y funcionales de un edificio y su información de proyecto (ciclo de vida) asociada, que se convierte en un repositorio de información para los interesados en el proyecto. Adicionalmente, en [3] se afirma que un BIM es una nueva manera de crear, compartir, intercambiar y manejar la información del edificio a través del ciclo de vida completo del mismo. En tal sentido, los intercambios de información ocurren a través de los procesos del ciclo de vida entre todos los interesados, el conocimiento fundamental actúa como la espina dorsal de la información proporcionando datos históricos y datos al día, referentes a los procesos del ciclo de vida del edificio. De ahí que un BIM, pueda

¹ Investigador principal
Grupo de Investigación
GICOGE

² Miembro Grupo de
investigación GICOGE

concebirse como un elemento fundamental del conocimiento básico del ciclo de vida de la información de la edificación. En este contexto, las siguientes definiciones para un BIM son bien conocidas:

Producto: representación digital inteligente de una construcción o edificio.

Proceso colaborativo: que involucra los controladores del negocio, capacidades de procesamiento automatizadas, estándares de información abiertos para la sostenibilidad y fidelidad de la información.

Facilidades: intercambios de información bien entendida, flujos de trabajo y procedimientos que los equipos usan de manera repetible, verificable, transparente e información sustentable basada en el entorno que se use durante el ciclo de vida de los edificios.

Los BIMs cubren las diferentes fases del ciclo de vida de los edificios y son muy ricos en datos, dado que representan una gran cantidad de información semántica y geométrica. Adicionalmente, los BIMs son tridimensionales, de modo que las geometrías están espacialmente relacionadas unas a otras y se representan dentro de una estructura orientada a objetos. Otras características no menos importantes de los BIMs incluyen el hecho de ser extensibles, abiertos e independientes de los proveedores; con el fin de garantizar el uso compartido y el intercambio, los BIMs se almacenan digitalmente, como archivos físicos o bases de datos y pueden compartirse e intercambiarse entre aplicaciones. Además, pueden generarse varias vistas y modelos a partir de un BIM individual [4].

Los BIMs actuales son el resultado de la evolución de formatos de intercambio de facto tales como DXF a través de los modelos de información de la AEC, que se apoyan principalmente en las tecnologías de STEP. Entre los esfuerzos más significativos se destacan los del *CIMSteel Integration Standards 2* (CIS/2) y las Clases Básicas de la Industria (*Industry Foundation Classes*, IFC) [5].

Los documentos CIS/2 son estándares abiertos para el intercambio y uso compartido de manera digital de información de ingeniería, relativa al ámbito del acero estructural. Trabajos recientes sobre el uso e implementación de BIMs y especialmente de las IFCs incluyen a [6],[7],[8],[9] y [10].

Por otra parte, el proceso de desarrollo de los estándares del *Open Geospatial Consortium*, OGC se soporta en pruebas de laboratorio, de modo que en la actualidad se trabaja activamente en la convergencia de las tecnologías geoespaciales y de la AEC. Estas tienen diferentes vocabularios, geometrías, paradigmas de computación, formatos de datos, esquemas de datos, escalas y vistas del mundo. Además, diferentes requerimientos de exactitud, verosimilitud (realismo) y ejecución de las animaciones. De hecho, las diferentes organizaciones

tienen procesos de negocios diferentes para los que han desarrollado sus propios formatos y procedimientos tanto digitales como análogos. El Grupo de Trabajo de Interoperabilidad CAD/GIS, está orientando sus esfuerzos hacia la integración AEC/CAD/OGC. Los miembros del OGC están trabajando sobre proyectos tales como: la integración de estándares internacionales para Modelos de Información de Edificios con la Especificación del Lenguaje de Mercado Geográfico (GML), el estándar de la industria más importante para la codificación en XML de la información geoespacial. XML hace posible describir y codificar muchas clases de datos de modo que el software pueda integrar y reconocer inteligentemente los datos para diversos propósitos.

Durante la última década la comunidad de la AEC estableció los estándares de las IFCs [11] para los elementos y propiedades de la construcción que impulsaran un movimiento del mercado desde el CAD 2D a objetos 3D [12]. La integración de estándares de los mundos geoespacial y de la AEC provee una excelente oportunidad para generar una base que habilitará a la industria para satisfacer los requerimientos de interoperabilidad planteados. Uno de los estándares que ha avanzado gracias a tales iniciativas es CityGML [13], un marco abierto del modelo de datos y un estándar de codificación basado en XML para el almacenamiento e intercambio de modelos urbanos virtuales 3D.

CityGML provee esquemas de objetos topográficos para modelos 3D de ciudades y del paisaje con respecto a su geometría, topología, apariencia y semántica. CityGML representa edificios (incluyendo interiores), modelos digitales de terreno, cuerpos de agua, vegetación, transporte y muebles en cinco niveles de detalle permitiendo la conexión a datos que se mantienen en los sistemas catastrales y en los modelos de información de edificios [13]. También pueden intercambiarse, las propiedades observables de las superficies de entidades tales como los rayos infrarrojos y la emisión de ruido.

Un modelo completo de IFC puede exportarse a CityGML, proporcionando la importante habilidad para aprovechar los componentes relevantes del BIM y así construir modelos urbanos realistas para un amplio rango de aplicaciones operacionales y de planeación. CityGML es una parte de un conjunto integrado de estándares del OGC que permiten el acceso amplio, el uso compartido y la integración y aplicación de geodatos a un sin número de tareas enfocadas a la solución de problemas [14].

1.2. Modelamiento, Gestión y Planeamiento Urbano e Integración de BIMs y GISs

En Colombia y particularmente en Bogotá, el crecimiento y desarrollo urbano, deben hacerse acordes con las normas establecidas para la gestión y planeación del territorio, en el Plan de Ordenamiento Territorial

Se afirma que un BIM es una nueva manera de crear, compartir, intercambiar y manejar la información del edificio a través del ciclo de vida completo del mismo.

En Bogotá, el Catastro Distrital mantiene los repositorios que constituyen la infraestructura de información indispensable para los procesos de selección de sitios.

(POT) y en el Plan Integrado de Gestión Ambiental (PIGA). Los Sistemas de Información Geográfica se usan en actividades de gestión y planeación urbana. La Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica se usa en la planeación de: el catastro, el uso de la tierra, el crecimiento urbano, servicios públicos (agua, luz, alcantarillado, gas y telefonía) la renovación urbana, la gestión y planeación de la respuesta a emergencias, la entrega de bienes y servicios y del sector educativo.

En Bogotá, el Catastro Distrital mantiene los repositorios que constituyen la infraestructura de información indispensable para los procesos de selección de sitios. Por lo general, los registros catastrales se almacenan y gestionan en la forma de modelos de geoinformación 2D y 3D. En tal sentido algunos de los trabajos más recientes incluyen [15], [16], [17] y [18]. En cuanto al uso de los GISs para la selección (localización) de sitios para la construcción de un tipo específico de edificación están los estudios de [19], [20] y [21]. En este orden de ideas, el Plan Maestro de Desarrollo Físico de la Universidad Distrital, se inscribe en el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá y en consecuencia en el Plan Maestro de Educación según lo establece la Secretaría de Planeación Distrital de Bogotá. Por lo anterior, la integración de la información de edificios por sede con la información geoespacial de Bogotá en el Sistema de Información del Plan Maestro de Desarrollo Físico de la Universidad Distrital, se inscribe en los requerimientos de convergencia hacia una integración inconsútil a nivel de los estándares.

2. CASO DE ESTUDIO

En el ámbito de la educación superior, la creciente integración de las tecnologías de la información y las comunicaciones en los ámbitos geoespacial y de la AEC, favorece de modo extraordinario el desarrollo de la sociedad, proporcionando, entornos de trabajo e investigación, antes no imaginados. En el caso específico de la educación superior, este fenómeno impacta los planes tácticos y estratégicos, de las universidades colombianas. En particular, en este documento se describe su influjo en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá, Colombia.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas, es una institución pública de educación superior que cuenta con aproximadamente veintiséis mil estudiantes. Esta institución de educación superior, se distribuye geográficamente en Bogotá, contando para ello actualmente, con cinco sedes y dos más para finales del 2010. Su prospectiva se hace plausible estratégicamente en su plan decenal, denominado “Saberes, conocimiento e investigación de alto impacto para el desarrollo humano y social”, que contempla en su política 6, el desarrollo de la infraestructura física y tecnológica de

la universidad. La concepción del desarrollo físico y tecnológico, se esquematiza en la figura 1.

2.1. Plan de desarrollo físico y tecnológico de la Universidad Distrital

Desde la perspectiva del desarrollo tecnológico y según la Figura 1, mirando de abajo hacia arriba, en relación con el Plan Maestro de Desarrollo Físico, se observa que se hace necesaria la creación del **Sistema de Información del Plan Maestro de Desarrollo Físico**. Desde el ámbito de la infraestructura de redes de comunicaciones es imperioso introducir completamente las **Redes Avanzadas** [25], mediante la implementación de la denominada Red de Investigaciones de Tecnología Avanzada (RITA). En la parte de la infraestructura de servicios se recurrirá a la **computación Grid**, cuya infraestructura se denominará Grid-UD. En la parte de las aplicaciones educativas, se pretende el uso intensivo y extensivo de las técnicas más avanzadas de *e-learning*, mediante el proyecto ADICDEV (Adquirir, Diseñar, Construir y Dotar la Infraestructura de la Educación Virtual).

La Grid-UD, desarrollará su completo potencial, sobre RITA puesto que esta última, se encuentra conectada a la Red Universitaria Metropolitana de Bogotá (RUMBO), a la Red Académica Nacional de Tecnología Avanzada (RENATA) de Colombia, a la Red Latinoamericana CLARA y de ahí a la red Geant2 en Europa e Internet 2 en Norteamérica siguiendo el plan nacional de tecnologías de la información y las comunicaciones, emprendido por el estado colombiano, según se ve en la Figura 2.

2.2. El Sistema de Información del Plan Maestro de Desarrollo Físico

El Sistema de Información del Plan Maestro de Desarrollo Físico, debe ser un entorno virtual de edificación (*Virtual Building Environment*, VBE) que haga posible al grupo de trabajo encargado del Plan Maestro de Desarrollo Físico, la creación de los Modelos de Información de Edificios por Sede y el uso y manipulación de los distintos modelos digitales. El Sistema de Información del Plan Maestro de Desarrollo Físico comprende la definición de un modelo de información geoespacial y de edificios por sede, de carácter distribuido y con una estructura de datos utilizada para la representación de la información de arquitectura e ingeniería acorde con el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá, elemento clave que orienta la planificación y el desarrollo urbano de la ciudad capital de Colombia. La pertinencia de esta formulación se funda en la necesidad de desarrollar un modelo de información que responda apropiadamente a los requerimientos de gestión académica y administrativa que plantea la ejecución del Plan Trienal de Desarrollo 2008-2010, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

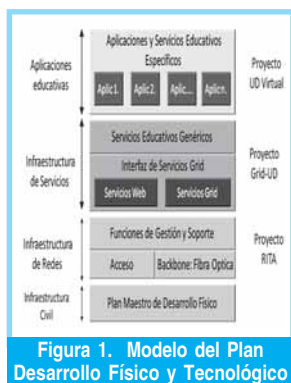


Figura 1. Modelo del Plan Desarrollo Físico y Tecnológico

procedió a la formulación de la Unidad de Actuación Urbanística para la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital, ubicada en la Cra 7 N° 40 – 53, fundamentándose en el Plan de Desarrollo Institucional, según se ilustra en la Figura 3.

Por lo anteriormente expuesto, la formulación de la Unidad de Actuación Urbanística para la Universidad Distrital, Facultad de Ingeniería, dio lugar a la propuesta de construcción del Centro de Investigación y Desarrollo Científico y Tecnológico en Ingeniería (CIDCYTEI), que será un centro de investigación y desarrollo en las distintas áreas de conocimiento de la ingeniería, que hará uso intensivo de las tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en el marco de los conceptos de e-Ciencia.

3.2. El contexto de la Construcción

Atendiendo las 4 fases del IFC Solutions Factory [23], se siguieron los pasos siguientes:

Requerimientos

- Se acordó un programa de necesidades en cuanto a ambientes, áreas y sus particularidades.
- Se propusieron estudios generales del proyecto tales como: diagramas de relaciones entre ambientes, flujogramas, funciones de cada ambiente y las particularidades arquitectónicas requeridas para esas funciones. Equipamiento y mobiliario por ambiente, calidad de la decoración, tipo de iluminación, etc.
- Se tuvieron en cuenta criterios preliminares de diseño tales como: espaciales, funcionales, formales, simbólicos, estructurales, eléctricos, hidrosanitarios, electromecánicos, instalaciones especiales, arquitectura accesible, materiales de construcción, sistemas constructivos, ventilación natural y electromecánica, obras exteriores, etc.
- Se consideraron criterios básicos de costos de construcción del proyecto y de mantenimiento del edificio del CIDCYTEI, instalaciones, obras exteriores, etc.
- Se tuvieron en cuenta, criterios básicos acerca de la forma administrativa que se empleará para la construcción de la obra.

3.3. Descripción de componentes del BIM del edificio del CIDYTEI

Diseño arquitectónico del edificio. El diseño arquitectónico es básico y se usa como punto de referencia para los demás sistemas. Se diseña como un todo tridimensional de modo que permita la localización de otros subsistemas. Se consideraron las plantas típicas, plantas de techos, planos de elevaciones, secciones, cielos reflejados, puertas, ventanas, muebles, acabados, detalles de pasillos,

simbología y técnicas específicas.

Diseño estructural. El diseño estructura caracteriza los soportes metálicos misceláneos y los puntos de conexión a los elementos externos al edificio. Se tuvo en cuenta el tipo y calidad de los materiales a utilizar, excavaciones, elevaciones y secciones estructurales, armaduras, techos falsos, obras exteriores, vigas, columnas y demás especificaciones básicas.

Diseño eléctrico. Se tuvo en cuenta el sistema de iluminación y commutación, tomacorrientes de uso general, instalaciones de fuerza, programación de paneles, sistemas de aterramiento, pararrayos, simbología y demás especificaciones técnicas.

Diseño de instalaciones sanitarias e hidráulicas. Comprende todos aquellos elementos constructivos relacionados con el manejo del agua incluyendo el abastecimiento de agua potable, los drenajes sanitario y pluvial, instalaciones hidrosanitarias, bombeo de agua potable, suministro de agua al sistema de protección de incendios, potabilización del agua, tratamiento y disposición final de aguas residuales, sistema de eliminación de basura e incineración de documentos.

Estudio topográfico completo. Levantamiento topográfico del terreno planimétrico y altimétrico con curvas a nivel a un distanciamiento no mayor de 50 cms.

Estudio de suelos. Análisis de estratos que conformen valores soportes para aplicaciones en el diseño estructural y recomendaciones para el diseño de bases, y espesores de pisos y pavimentos.

Diseño de obras civiles de conjunto. Plano general del trazado de calles y estacionamientos y ubicación del edificio, planos constructivos de estas obras, descripción topográfica con rumbos, distancias de calles y estacionamientos.

Estimados de costos. Se realizarán una vez terminados y aprobados los planos constructivos del proyecto y contendrán los costos por etapas y costos globales.

Presupuesto de construcción y carpeta de ejecución de obra. Se realizará una vez terminados los planos constructivos y contendrá cantidades de obras por etapas, costos unitarios y avances físicos financieros, Red CPM y diagramas de Gant.

Los resultados del proceso anterior, se concretan en el prototipo de diseño que se presenta en la figura 4.

4. BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE LOS BIMs

En realidad la mayor parte de los beneficios del Sistema de Información de Edificios de la Universidad

Cada sede debe disponer de su respectivo plan de regularización y manejo para ajustar su desarrollo físico.

Distrital, en principio podrían considerarse como directos, no obstante, la mayoría de ellos resultan ser indirectos. Los beneficios directos se concretan en elementos tales como una visualización mejorada y la centralización de la información de las distintas edificaciones. Pero los beneficios indirectos incluyen la necesidad de la colaboración y la consecuente comprensión mejorada de las tareas atinentes a la concreción del Plan Maestro de Desarrollo Físico de la institución, situación que ayuda a reducir los inevitables riesgos en los distintos frentes de la expansión física de la Universidad Distrital.

Las simulaciones digitales permiten planear y probar virtualmente un diseño, antes que el proyecto real sea construido. Un modelo evidentemente ayuda a visualizar los diferentes proyectos, a estimular el pensamiento con referencia a los diferentes requerimientos y ayuda en la descripción de un proyecto de manera eficiente. Los grandes beneficios de este cambio fundamental en la planeación y ejecución de los proyectos de construcción se harán palpables a medida que se implanten los diferentes procedimientos y procesos informáticos. En pocas palabras el beneficio principal del sistema de información de edificaciones se traduce en la reducción de los riesgos de los distintos proyectos del Plan Maestro de Desarrollo Físico.

Vale aclarar que la simulación de un proyecto mediante el Modelo de Información de Edificios realmente requiere un gran esfuerzo de preparación por parte de los miembros del equipo asociado a cada proyecto. Es poco probable que una simulación completa de alta calidad pueda desarrollarse sin la colaboración del equipo completo del proyecto. Dado que el principio fundamental que subyace en el proceso de simulación es la eliminación del riesgo, se concluye que esta es una herramienta fundamental para la implementación de técnicas de construcción de apoyo. Es precisamente a partir de estos cambios en el proceso de planeación y ejecución de un proyecto que los mayores beneficios se obtienen. En definitiva, la solución a muchos de los problemas fundamentales de la industria de la construcción radica en una exitosa colaboración.

Los beneficios para la Institución al adoptar los procesos atinentes al Sistema de Información de Edificaciones son inherentes a la naturaleza misma de los procesos, motivará a los participantes a realizar el uso más adecuado del proceso y por lo tanto a valorar sus beneficios.

La visualización, la colaboración y manejo adecuado del conflicto, son los tres pilares fundamentales bajo los cuales se organizan los beneficios de la implementación adecuada de los sistemas de información de edificios de la Universidad Distrital. La visualización beneficia primordialmente a los individuos, mejorando su comprensión personal, como resultado del uso de

modelos adecuados de la información de edificaciones. La colaboración se refiere a la acción cooperativa de varios miembros del equipo de trabajo de tal manera que se vea estimulada y facilitada por los modelos de información de las distintas edificaciones. El manejo del conflicto se orienta a beneficios relacionados con los diferentes proyectos, tales como la reducción de riesgos y el peligro de despilfarro.

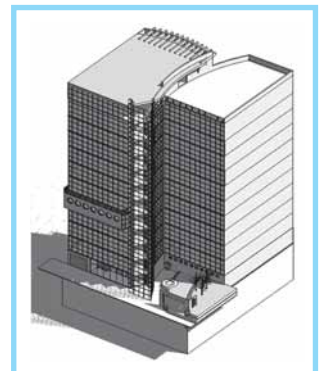


Figura 4. Edificio del Centro de investigación y Desarrollo Científico y Tecnológico en Ingeniería (CIDCYTEI)

4.1. Visualización

El beneficio más claro de un modelo 3D es la capacidad mejorada para visualizar (entender) qué es lo que se está representando. Muchas personas tienen dificultad para entender los diseños 2D, aún los expertos en ocasiones se ven sorprendidos cuando después de un estudio repentinamente algo no queda claro. Sin embargo, un modelo 3D representa claramente un proyecto y permite la visualización de muchas de sus características aún con pocos detalles. El cerebro humano se destaca en su habilidad para abstraer y entender el mundo gracias al uso de abstracciones. Los símbolos son una forma poderosa de portar una enorme cantidad de significado con muy poca información. La visualización implica que cada persona pueda enfocarse sobre características ligeramente diferentes para componer la visualización de un objeto o una idea y es esta diferencia la que con frecuencia causa malos entendidos entre personas que intentan comunicarse.

La naturaleza de casi todas las relaciones, entre las personas, se basa en la comunicación, que a su vez se apoya en el intercambio de información bidireccional. El simple hecho de proveer información (emisión) no implica que necesariamente haya comunicación, un receptor tiene que hacer algo (responder) con la información de modo que se establezca la comunicación. Una buena comunicación puede conllevar a una evaluación y de ahí a una retroalimentación que a su vez afectará una simulación permitiendo el progreso y la evolución hacia estadios de calidad cada vez mayor en la realización de un proyecto.

4.2. Colaboración

La necesidad de colaborar para emplear técnicas de simulación en la industria de la construcción es sin lugar a dudas su mayor beneficio. Se ha demostrado repetidamente que una pronta colaboración genera los mayores beneficios para la planeación y construcción de un proyecto de edificación; entonces el desarrollo de un modelo virtual se constituye en uno de los mejores medios para una rápida y profunda colaboración del equipo del proyecto en torno a los aspectos más relevantes de la planeación, diseño y construcción de un edificio. Cuando la

Los grandes beneficios de este cambio en la planeación y ejecución de los proyectos de construcción se harán palpables a medida que se implanten los procedimientos y procesos informáticos.

comunicación real tiene lugar, cuando dos personas se escuchan realmente la una a la otra y cuando son sensibles a las respuestas del otro, la conversación y la comunicación son mutuamente estimuladas entonces la comprensión mutua y el respeto llegan a ser posibles. La comunicación real se requiere para una colaboración verdadera, para la interdependencia y el mutuo apoyo entre los miembros del equipo de trabajo y para trabajar hacia las metas comunes del mismo. El ciclo de retroalimentación de la información representa la evolución continua de la información conectada con el proyecto. El BIM provee la fuente de generación de nueva información que se retroalimenta sí mismo, resultando en la adición y refinamiento de esta información.

4.3. Manejo del Conflicto

En virtud de la mayor habilidad para visualizar, comunicar, evaluar y coordinar las distintas fases de un proyecto gracias al uso de un BIM, es posible acelerar y mejorar la comprensión, coordinación y el uso material en la gestión de un proyecto de construcción. El proceso del BIM ayuda a reducir los conflictos, los desperdicios y los riesgos del proyecto.

Los conflictos pueden identificarse más fácilmente a través de la centralización del acceso a toda la información referente al proyecto. Los conflictos en la localización, el itinerario, etc. pueden detectarse gracias a las diversas vistas del BIM. De hecho es crítico que todas las fuentes de información que permiten el proceso se sincronicen en espacio, tiempo y formato.

5. TRABAJO FUTURO

Al tenor de lo establecido en el Plan Maestro de Desarrollo Físico 2008-2016 de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas [24], a mediano plazo, se consolidará la infraestructura de la Sede Central (Edificio Sabio Caldas, Torre Administrativa, Edificio Luis Alejandro Suárez, Edificio Central y la Casona) para la Facultad de Ingeniería. Dicha situación brinda la oportunidad para introducir de manera irreversible la integración de las tecnologías de la información geoespacial y de edificios al servicio del desarrollo y crecimiento de la infraestructura física y tecnológica de la Facultad de más larga trayectoria en los sesenta años de existencia de la Universidad Distrital.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Associated General Contractors Guide, AGC Contractors' Guide to BIM. Available from: <<http://www.agcnebuilders.com/documents/BIMGuide.pdf>>. (Visitado 12 de Abril de 2009).
- [2] NBIMS, National BIM Standard Purpose, US National Institute of Building Sciences Facilities Information Council BIM Committee, 2006. Available from: <http://www.buildingsmartalliance.org/nbims/>. (Visitado 12 de Abril de 2009).
- [3] NBIMS, National Building Information Modelling Standard Part-1: Overview, Principles and Methodologies, US National Institute of Building Sciences Facilities Information Council, BIM Committee, 2007. Available from: <http://nbimsdoc.opengeospatial.org/>. (Visitado 12 de Abril de 2009).

- [4] Isikdag U., Underwood J., Aouad G., Wu S., 2007. Building information models: a review on storage and exchange mechanisms, in: Proceedings of the 24th CIB W78 Conference, Maribor, Slovenia.
- [5] CISIFC, 2009, <http://www.coa.gatech.edu/~aisc/cisifc/>. (Visitado 12 de Abril de 2009).
- [6] Howard R., Bjork B., 2008. Building information modeling – experts' views on standardisation and industry development, *Advanced Engineering Informatics* 22 (2), 271–280.
- [7] Lee, K., Chin S., Kim J., 2003. A core system for design information management using industry foundation classes, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 18 (4) 286–298.
- [8] Chen P., Cui L., Wan, C., Yang Q., Ting S., Tiong, R., 2005. Implementation of IFC based web server for collaborative building design between architects and structural engineers, *Automation in Construction* 14 (1) (2005) 115–128.
- [9] Tanyer, A., Aouad, G., 2005. Moving beyond the fourth dimension with an IFC based single project database, *Automation in Construction* 14 (1) 15–32.
- [10] Nour, M., 2007. Manipulating IFC sub-models in collaborative teamwork environments, in: Proceedings of the 24th CIB W78 Conference, Maribor, Slovenia, June 2007.
- [11] IFG, 2005. The Web Site for Industry Foundation Classes for GIS Project, 2005. Available from: <http://www.iai.no/itfg/Content/itfg_index.htm/>.
- [12] Benner, J., Geiger, A., Leinemann, K., 2005. Flexible generation of semantic 3D building models, in: Presentations of 1st International Workshop on Next Generation 3D City Models, Bonn, Germany, Available from: <http://www.ikg.unibonn.de/~leadadmin/nextgen3dcity/pdf/NextGen3DCity2005_Geiger.pdf>.
- [13] CityGML, 2009. The Web Site for CityGML: An Information Model for Exchange and Storage of Virtual 3D City Models, 2006. Available from: <<http://www.citygml.org/>>. (Visitado 12 de Abril de 2009).
- [14] OWS-4, 2007. OWS-4 Summary document, OGC Document 07-037r4: Summary of the OGC Web Services, Phase 4 (OWS-4), 2007. Available from: <<http://www.opengeospatial.org/projects/initiatives/ows-4/>>.
- [15] Steudler, D., 2006. Swiss cadastral core data model – experiences of the last 15 years, *Computers, Environment and Urban Systems* 30 (5) (2006) 600–613.
- [16] vanOosterom, P., Lemmen, C., Ingvarsson, T., van de Molen, P., Ploeger, H., Quak, W., 2006. The core cadastral domain model, *Computers, Environment and Urban Systems* 30 (5) (2006) 627–660.
- [17] Coors, V., 2003. 3D GIS in networking environments, *Computers, Environment and Urban Systems* 27 (4) (2003) 345–357.
- [18] Billen, 2003. R. Billen, S. Zlatanova, 3D spatial relationships model: a useful concept for 3D cadastre, *Computers, Environment and Urban Systems* 27 (4) (2003) 411–425.
- [19] Li et al, 2005. H. Li, L. Yu, E.W.L. Cheng, A GIS-based site selection system for real estate projects, *Construction Innovation* 5 (4) (2005) 231–241.
- [20] Cheng, E., Li, H., Yu, L., 2007. A GIS approach to shopping mall location selection, *Building and Environment* 42 (2) (2007) 884–892.
- [21] Hernandez et al, 2004. J. Hernández, L. Garcia, F. Ayuga, Assessment of the visual impact made on the landscape by new buildings: a methodology for site selection, *Landscape and Urban Planning* 68 (1) (2004) 15–28.
- [22] Rodríguez Leonardo, "Proyecto CIDCYTEI", documento inédito, Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2008.
- [23] JIBM, 2008 Journal of Building Information Modeling. An official publication of the National BIM Standard (NBIMS) and the National Institute of Building Sciences (NIBS) <http://www.wbdg.org/references/jbim.php> (Visitado 15 de Abril de 2009).
- [24] Oficina Asesora de Planeación y Control, 2009. Plan Maestro de Desarrollo Físico. Documento inédito presentado al Consejo Superior de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- [24] Cabezas, A., Bravo S. Redes Avanzadas en América Latina: Infraestructura para el Desarrollo Regional en Ciencia, Tecnología e Innovación. Libro Blanco. CLARA-ALICE2. Enero de 2010.

José Nelson Pérez Castillo

Profesor Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Doctor en Informática Universidad de Oviedo. Magíster en Teleinformática Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Especialista en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección Espacial Universidad de Henares. Investigador Principal Grupo GICOG. nelsonp@udistrital.edu.co

José Ignacio Rodríguez Molano

Profesor Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Estudiante Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Especialista en Sistemas de Información Geográfica Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Miembro Grupo GICOG. jirodriguez@udistrital.edu.co