

**UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS BIM EN EL MODELADO Y SIMULACIÓN DEL
PROCESO CONSTRUCTIVO DE EDIFICACIONES EN ALTURA. CASO DE
ESTUDIO: CLÍNICA MATERNO INFANTIL DE FLORIDABLANCA**

**SILVIA MILENA PARRA DIETTES
CARLOS ALBERTO VECINO BARBOSA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

2014

**UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS BIM EN EL MODELADO Y SIMULACIÓN DEL
PROCESO CONSTRUCTIVO DE EDIFICACIONES EN ALTURA. CASO DE
ESTUDIO: CLÍNICA MATERNO INFANTIL DE FLORIDABLANCA**

**SILVIA MILENA PARRA DIETTES
CARLOS ALBERTO VECINO BARBOSA**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director

**HERNÁN PORRAS DÍAZ
Ingeniero Civil, M.SC. Ph.D**

Codirector

**OMAR GIOVANNY SÁNCHEZ RIVERA
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

2014

DEDICATORIA

Dedicamos la realización de esta tesis de grado y los logros obtenidos con esta a nuestros padres y familiares, pues fueron ellos quienes desde el inicio de nuestros estudios nos motivaron a esforzarnos en nuestra formación como profesionales y personas integrales, y nos apoyaron en los tiempos más trascendentales de su elaboración.

SILVIA MILENA PARRA DIETTES
CARLOS ALBERTO VECINO BARBOSA

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los miembros del grupo de investigación GEOMÁTICA, Gestión y Optimización de Sistemas, por su colaboración en diferentes instancias de nuestro proyecto. A todos los que nos permitieron el uso de equipos especializados y a quienes nos compartieron parte de sus conocimientos.

También agradecemos a los miembros del consorcio HFB que trabajaron en la interventoría de la obra de la Clínica Materno Infantil de Floridablanca en el tiempo que estuvimos realizando las visitas a obra, pues nos permitieron el ingreso, nos brindaron parte de su tiempo para acompañarnos en los recorridos y nos facilitaron datos importantes para la realización de este proyecto de grado.

SILVIA MILENA PARRA DIETTES
CARLOS ALBERTO VECINO BARBOSA

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. BUILDING INFORMATION MODELING	15
2. PROPIEDADES DEL SOFTWARE	17
2.1 AUTODESK REVIT 2014.....	17
2.2 MICROSOFT PROJECT 2013.....	17
2.3 AUTODESK NAVISWORKS MANAGE 2014	18
3. PROCESO CONSTRUCTIVO DIGITAL	19
3.1 MODELADO	19
3.2 PROGRAMACIÓN.....	23
3.3 SIMULACIÓN	23
3.3.1 TimeLiner.....	24
3.3.2 Animator	24
4. CASO DE APLICACIÓN.....	26
4.1 SEGUIMIENTO DE OBRA.....	26
4.2 REALIZACIÓN DEL MODELO	27
4.3 OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS.....	34
4.4 SIMULACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO	37
5. PRODUCTOS	42
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	43
6.1 RESULTADOS DE REVIT	43
6.2 RESULTADOS DE PROJECT.....	47
6.3 RESULTADOS DE NAVISWORKS.	49
6.4 OTRAS CONCLUSIONES.....	50
CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico del tiempo que los constructores llevan usando BIM, por país ..	16
Figura 2. Visualización de materiales con características específicas de reflectancia, iluminación y transparencia.	21
Figura 3. Estructura de un muro de mampostería.....	21
Figura 4. Registros de la evolución de la obra de la Clínica Materno Infantil de Floridablanca.	27
Figura 5. Fases del modelo con modelado foto-realista en Autodesk Revit 2014 .	30
Figura 6. Tabla de cantidades proporcionada por el software Revit 2014	31
Figura 7. Visualización foto-realista del edificio con acabados arquitectónicos.	32
Figura 8. Visualización foto-realista de un corte transversal del edificio.	32
Figura 9. Detalle de redes hidráulicas y sanitarias.....	33
Figura 10. Actividades generales del proyecto con su respectivo diagrama de Gant	34
Figura 11. Recursos establecidos para el proyecto	35
Figura 12. Gráfico de recursos erróneo	36
Figura 13. Gráfico de recursos correcto.....	36
Figura 14. Porción del diagrama de Gantt	37
Figura 15. Aumento del material en una columna tipo.....	39
Figura 16. Elementos de tarea temporal como Torre Grúa y Camión Mixer.....	40
Figura 17. Producto obtenido del modelo tridimensional final realizado con el software Autodesk Revit	42
Figura 18. Intersección hallada entre viga y columna con red sanitaria.....	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas del uso del software REVIT 2014	43
Tabla 2. Comparativo de cantidades.	46
Tabla 3. Duraciones estimadas con Microsoft Project 2013	48
Tabla 4. Duraciones reales	48

RESUMEN

TÍTULO:

UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS BIM EN EL MODELADO Y SIMULACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE EDIFICACIONES EN ALTURA*

AUTORES:

SILVIA MILENA PARRA DIETTES

CARLOS ALBERTO VECINO BARBOSA**

PALABRAS CLAVES:

Tecnologías BIM, modelado, proceso constructivo, tiempo, costo, gestión

DESCRIPCIÓN:

Las tecnologías BIM se están estableciendo a nivel internacional como herramientas fundamentales para el modelado de información de la construcción, sin embargo, su uso en Colombia es escaso. La investigación consistió en la puesta en marcha del manejo del software de manera autónom. Por una parte, se identificaron las propiedades y herramientas que Autodesk Revit y Autodesk Navisworks proporcionan, incluyendo falencias, y por otra, se realizó aplicación directa a un proyecto de ingeniería con impacto social, como es la Clínica Materno Infantil del Sur en la ciudad de Floridablanca, Santander, obteniendo información precisa sobre cantidades de material, duración de la obra, cuadrillas para su ejecución y costo aproximado. También se analizó la vinculación del conocido software de Microsoft Project con las tecnologías BIM, como herramienta para la administración de proyectos de manera cronológica. Con el uso de estos programas se pretende optimizar, en términos de costo y tiempo, el proceso constructivo de edificaciones, al simular y modelar previamente lo que será la obra en sí, así como prever errores que pueden significar atrasos o sobrecostos. El ambiente gráfico también es avanzado, pues el modelizado logrado muestra una representación realista de la edificación con texturas que semejan los materiales que se van a utilizar en obra.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Hernán Porras Díaz, Ingeniero Civil M.Sc. Ph.D. Codirector: Omar Giovanni Sánchez Rivera, Ingeniero Civil.

ABSTRACT

TITLE:

USE OF BIM TECHNOLOGIES IN MODELING AND SIMULATION OF THE CONSTRUCTION PROCESS OF HIGH-RISE BUILDINGS*

AUTHORS:

SILVIA MILENA PARRA DIETTES

CARLOS ALBERTO VECINO BARBOSA**

KEYWORDS:

BIM Technologies, modeling, construction process, time, cost, management

DESCRIPTION:

BIM technologies are being established internationally as fundamental tools for modeling construction information, however its use in Colombia is not well known. The research involved the implementation of this software autonomously. On one hand, there were identified some of the properties and tools that Autodesk Revit and Autodesk Navisworks provide, including some failures. On the other hand, it was directly applied to an engineering project with social impact, such as “Clínica Materno Infantil del Sur” in the town of Floridablanca, Santander, obtaining accurate information on material quantities, project length, staff for execution and cost estimated. Furthermore, it was analyzed the relationship between the well-known Microsoft Project software with BIM technologies, as a tool for chronological project management. With the use of this software it is expected to optimize the building construction process in terms of cost and time, as it can simulate and model what will be the advance of the project by itself and it provides errors that can prevent some delays or cost overruns. The graphical environment is also advanced, as the final modeling presents a realistic representation of the building with textures that resemble the materials to be used on the project.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Hernán Porras Díaz, Ingeniero Civil M.Sc. Ph.D. Codirector: Omar Giovanni Sánchez Rivera, Ingeniero Civil.

INTRODUCCIÓN

Suele observarse a lo largo del proceso constructivo de obras de infraestructura, inconvenientes que terminan por dilatar el tiempo establecido para la finalización del proyecto. Se evidencia de primera manera, que la gestión emprendida por algunos líderes no es efectiva y consecuente con el plan trazado de ejecución. Por una parte, el manejo de los recursos monetarios no es previsto con claridad, lo que conlleva a posibles recortes presupuestales, cambios en los diseños de obra, recorte de personal, deudas o en el infortunado cierre de la obra. De otro lado, se encuentra el desaprovechamiento de material físico y humano: formaletas sin uso u obreros con tiempo libre. Adicionalmente también existen gestores que de manera fraudulenta desvían dineros e insumos, lo que repercute en atrasos de obra.

Por consiguiente, realizando un enfoque en aquellos líderes que por su experiencia indican el manejo de cuadrillas, insumos, tiempo y espacio, se ha investigado sobre una herramienta tecnológica que les permita optimizar el proceso constructivo, para obtener un máximo y mejor rendimiento, que represente un mayor beneficio/costo en recursos y tiempo.

Las tecnologías denominadas BIM, por sus siglas en inglés, “Building Information Modeling”, se establecen internacionalmente como herramientas, no sólo de modelado gráfico, sino de modelado de información. Brindan propiedades a los modelos 3D, agregando atributos de tiempo y costo, que permiten simular el proceso constructivo de una manera clara, objetiva, visual, interactiva y sobretodo, eficaz.

En este trabajo se desea reconocer la eficacia encontrada en el software mediante su manejo y aplicación en tres etapas, soportadas por tres programas, dos de los cuales poseen escaso uso en Colombia y un expansivo uso internacional en países como Estados Unidos y Canadá [1]. Primero, el modelado tridimensional realizado con Autodesk Revit 2014; segundo, la programación de obra realizada en Microsoft Project 2013; y tercero, la simulación del proceso constructivo con Autodesk Navisworks Manage 2014.

1. BUILDING INFORMATION MODELING

Como se mencionó antes, BIM es un acrónimo de Building Information Modeling. Es uno de los desarrollos más prometedores en las industrias de arquitectura, ingeniería y construcción. Con la tecnología BIM, un modelo preciso virtual de un edificio se construye de forma digital. Cuando se ha completado, el computador genera un modelo que contiene geometría precisa y datos relevantes necesarios para apoyar las actividades de construcción, fabricación y adquisición, necesarias para la realización del edificio [2].

Cuando se implementa correctamente, BIM facilita un diseño y proceso de construcción más integrado, que se traduce en mejores edificios de calidad a un menor costo, y en una duración reducida del proyecto [3].

Por lo general, se realizan modelos tridimensionales con propiedades netamente gráficas como muestra representativa del fin a alcanzar tras la ejecución del proyecto de construcción. Las tecnologías BIM, particularizan información a cada uno de los elementos, llenándolos de datos que interpretan un comportamiento real en la obra. Es así, como ortoedros y cubos que semejan vigas y columnas adquieren propiedades del material en que se espera estén realizados, y comportamientos diferentes según la utilidad para la cual fueron concebidos.

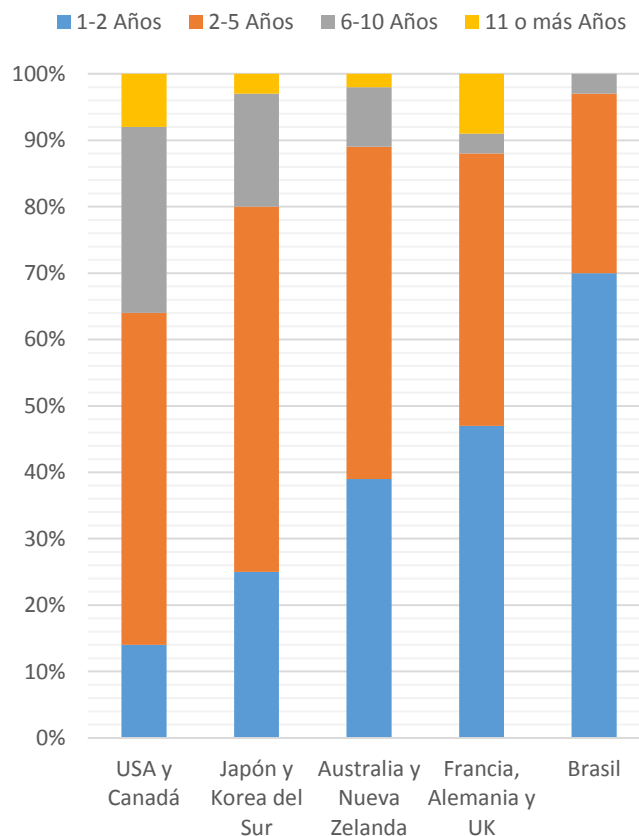
Cada elemento se convierte en una muestra ideal: ventanas, puertas, cubiertas, muros, etc, encajan perfectamente en el modelo representando objetivamente su inclusión en la edificación.

El BIM ya es una realidad de trabajo implantada en numerosos países. En Noruega y Suecia es requerido para la construcción de edificios públicos y grandes proyectos. En Reino Unido será de obligatoria aplicación en cualquier proyecto de construcción a partir de 2016. Y en algunos países como Finlandia, la

mayor parte de las construcciones ya se realizan en BIM. El BIM marca una nueva era en la que se revoluciona la metodología de trabajo actual para incrementar la eficiencia de todos los proyectos de construcción [4].

En la investigación contenida en el documento “BIM SmartMarket Reports 2014” [5] se puede evidenciar como BIM ha venido estableciéndose en el mercado de la construcción a nivel global, madurando progresivamente en algunos países más que en otros. El tiempo que los constructores de algunos países llevan usando BIM se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Gráfico del tiempo que los constructores llevan usando BIM, por país



Fuente: The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets. McGRAW HILL Construction. 2014.

2. PROPIEDADES DEL SOFTWARE

2.1 AUTODESK REVIT 2014

Autodesk Revit es el líder en el mercado más conocido y actual para el uso de BIM en el modelado arquitectónico y estructural. Fue introducido por Autodesk en el año 2002 después de que la compañía adquirió el programa de una empresa emergente. Revit es una plataforma separada de AutoCAD, con una base de código y estructura de archivos diferentes. Es un conjunto de herramientas especializadas en el modelado arquitectónico, estructural, y de redes mecánicas, eléctricas y de plomería. Se constituye en la base que consolida los planos de diseño bidimensionales, en vistosos elementos en tres dimensiones agregando así mismo propiedades de uso y material a los elementos.

2.2 MICROSOFT PROJECT 2013

Software perteneciente al comercial conjunto de software de Microsoft Office. Ampliamente utilizada en el gremio de la construcción formal. Permite organizar cronológicamente las tareas a desarrollar para la ejecución de la obra involucrando el manejo de cuadrillas de trabajadores, insumos para la construcción, equipos, costos, entre otros, con sus respectivos rendimientos, que se traducen en duración de obra. Las fechas programadas van siendo controladas por el administrador de la obra, quien por lo general, por su experiencia, maneja la distribución de las tareas según su lógica laboral.

2.3 AUTODESK NAVISWORKS MANAGE 2014

Autodesk Navisworks, previamente conocido como NavisWorks JetStream fue desarrollado originalmente por la empresa NavisWorks, basada en Sheffield, Reino Unido, y fue adquirida por Autodesk en 2007 [6].

Permite la unificación del modelo inteligente tridimensional realizado en Revit con la planificación de ejecución de obra realizada en Microsoft Project. Es la herramienta BIM que simula el proceso constructivo, ejecutando cada una de las tareas propuestas para los elementos previamente modelados. La visualización gráfica es su principal ventaja: observar de antemano el rendimiento y comportamiento de la construcción permite evidenciar conflictos en la planificación, tareas desorganizadas, actividades realizadas anticipadamente, con retraso, o secuencias sin lógica.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO DIGITAL

3.1 MODELADO

Anteriormente, era reconocido el desempeño artístico en el dibujo de quienes a toda costa querían establecer en el papel, de la forma más clara posible, los diseños de un proyecto urbanístico o de infraestructura. En Colombia, los ingenieros y arquitectos han ido progresando su trabajo a la par de los avances tecnológicos. Con la llegada de los programas tipo CAD, entre estos el más establecido, AutoCAD, se logró agilizar la conformación de los juegos de planos, con mayor detalle y precisión. La era del 3D también llegó a los formatos CAD que permiten la realización de representaciones mucho más avanzadas e interactivas. Sin embargo, las tecnologías BIM están tardando en llegar, quizá por la revolucionaria forma de manejar la información y por el escaso conocimiento disponible para su manejo.

Según Assaei [7], el CAD será una herramienta útil para diseñar elementos que en BIM aún son muy complejos, pero cada vez tendrá menos sentido dedicar horas y horas a un detallado corte asignándole espesores y medidas, cuando en un modelo BIM basta con indicar por dónde hay que pasar el o los cortes en el modelo que ya está listo.

Con Autodesk Revit, el modelado gráfico es completamente diferente al tradicional. Lo importante no es la conformación de líneas paralelas o perpendiculares con las dimensiones y grosores precisos, sino encontrar el elemento cuyas propiedades se ajustan a los componentes que se desean realizar en obra. Las formas están dadas y parametrizadas, basta con modificar las secciones a las dimensiones específicas del proyecto y a los materiales que se espera se utilice en el respectivo lugar de la obra.

Cada elemento posee propiedades como:

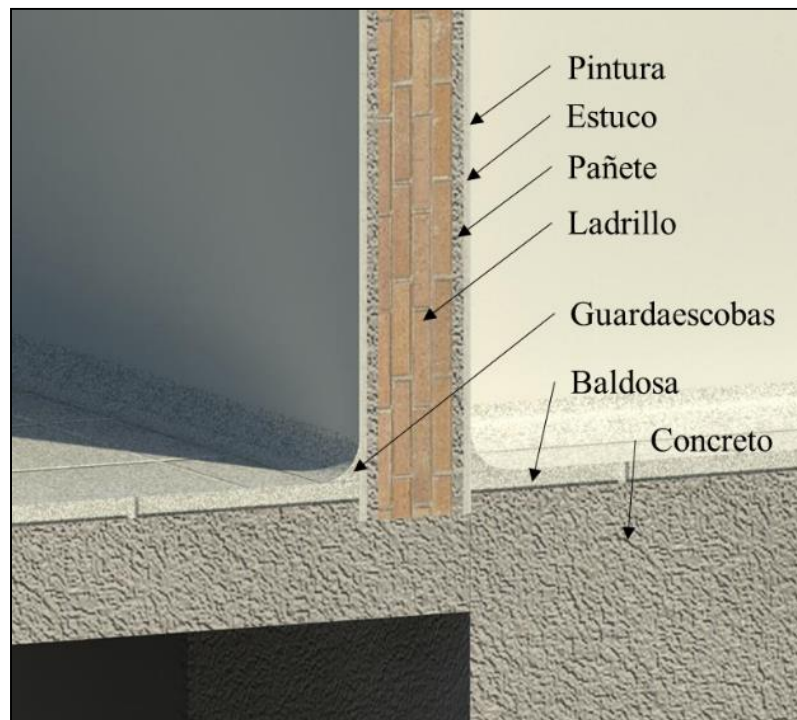
- Dimensiones por usuario: este indica aquellos valores que desea posea el objeto según el diseño que quiere crear. Ejemplo: alto, ancho, largo.
- Dimensiones calculadas: Revit, conociendo las propiedades geométricas del componente, calcula valores extra de gran utilidad. Ejemplo: volumen, área.
- Materiales: el usuario escoge el material que posiblemente llevará el elemento, adecuándolo para que sus características gráficas y físicas respondan al valor real, como puede observarse en la Figura 2. En general, un material puede llamarse: concreto, acero, cerámica, plástico, pintura, madera, yeso; sin embargo, cada tipo de concreto es particular y ofrece comportamientos y características diferentes.
- Otros: características definidas por el usuario a manera de conservar una base de datos en los elementos puestos en el modelo, sirviendo como guía y particularización de cada uno de ellos. Ejemplo: costo, fabricante, URL.

El nivel de detalle fino de los materiales, llega a mostrar cada una de las capas con las cuales quedará conformado un muro, con espesores y texturas establecidas por el usuario. De forma similar puede ser observada la estructura de un piso arquitectónico o una cubierta. En la Figura 3 se puede ver la estructura básica de un muro de mampostería y algunos elementos del acabado de piso.

Figura 2. Visualización de materiales con características específicas de reflectancia, iluminación y transparencia.



Figura 3. Estructura de un muro de mampostería



El desarrollo del modelo en Revit puede ser distribuido en fases, que permiten escoger una etapa del proceso constructivo para ser analizada, modificada o verificada. Se establecieron como etapas cada uno de los pisos de la estructura de concreto y su posterior progreso arquitectónicamente.

- Estructura: se constituyeron los elementos estructurales propios de la edificación, con material de concreto. Zapatas y vigas de amarre en la cimentación; Columnas, vigas y muros estructurales que conforman la armadura principal. Pisos estructurales que establecen contrapiso y entrepisos.
- Arquitectura: aquellos elementos que acondicionan la edificación para su apropiado uso. Muros de mampostería, cubiertas y cielo rasos, baldosas y enchapes, puertas y ventanas, rampas y escaleras.

Una de las principales ventajas de Revit es la posibilidad de obtener de manera rápida, tablas de cantidades de aquellos materiales o elementos presentes en el modelo. El software calcula a partir de las dimensiones dadas, volúmenes, áreas, longitudes y cantidad de unidades totales de concreto, acero, tejado, ventanas, puertas, baldosas, etc. Todos pueden ser clasificados según su función, fase, nivel, nombre, tamaño, a fin de presentar de manera ordenada la información pertinente para el usuario. Con estos datos, y los costos por material es posible determinar de manera bastante aproximada un presupuesto para la obra, así como el tiempo que durará (según el rendimiento de los obreros) la fundición, hincado, postura o armado de los elementos y materiales en obra.

Como estrategia para la productividad de empresas, Revit vincula un “Sistema de Trabajo colaborativo” denominado “Worksharing”. Con este, es factible trabajar de forma separada desde diversas disciplinas en un mismo modelo que puede ser actualizado constantemente.

3.2 PROGRAMACIÓN

Microsoft Project, mediante una experiencia novedosa e intuitiva, proporciona las herramientas de planificación, administración y colaboración empresarial, de personas y de equipos necesarias para cumplir con los plazos de entrega cruciales o elegir los recursos adecuados para un equipo, entre otros objetivos [8].

Primero, se establecen las actividades a realizar durante la obra. Estas pueden jerarquizarse por medio de sangrías, indicando el proceso principal que debe realizarse junto con las tareas y sub-tareas necesarias para su ejecución. Es importante particularizar cada uno de los aspectos que deben realizarse en la obra, para mantener control detallado sobre los avances y tener perfiles de ejecución para cada elemento que fue modelado previamente.

Las tareas poseen aspectos que indican su comportamiento a lo largo de la ejecución de la obra. Los rendimientos y cantidad de cuadrilla y equipos determinan la duración de la tarea. Es deber del gestor, organizar óptimamente las cuadrillas, disponiendo de ellas de forma que se mantenga un trabajo constante y eficiente. Por esto, es importante que el profesional encargado de realizar esta actividad, posea amplios conocimientos y experiencia para lograr un resultado lógico.

3.3 SIMULACIÓN

Navisworks se constituye en el software que vincula el modelo tridimensional y la programación de obra en un solo procedimiento que evidencia el comportamiento en tiempo real del proceso constructivo. Cada elemento parece cobrar vida, edificándose al ritmo propuesto por quien gestiona la obra en Microsoft Project.

Navisworks centra su trabajo en 2 herramientas fundamentales, cuyo manejo determina el producto final.

3.3.1 TimeLiner.

Con su significado literal, línea de tiempo, es la herramienta que permite formalizar la planificación cronológica del proyecto. Puede realizarse desde cero, directamente en los espacios de Timeliner o importarlo desde un documento de Microsoft Project que permite ser sincronizado periódicamente para gestionar cambios entre la programación escrita y la programación animada.

Es posible la visualización esquemática con el diagrama de Gantt, facilitando el control de desfases en el inicio o fin programado y/o ejecutado así como la secuencia lógica de actividades.

La programación realizada en Project presenta ventajas sobre la realizada directamente en TimeLiner de Navisworks. Primero, la interfaz es más organizada, se pueden agregar nuevas columnas definidas por el usuario, con características y fórmulas diferentes, se puede hacer control de las cuadrillas, equipos e insumos entre otros.

3.3.2 Animator

Permite la animación de los elementos modelados, de acuerdo a la forma como se desea que sean visualizados a lo largo del proceso constructivo. Giros, cambios de escala, posición y color son algunos de los movimientos adicionados, que en conjunto generan la apariencia de una obra en construcción. Además proporciona movimiento a la cámara, para observar con detalle los procesos, conocer lo que pasa a lo largo de toda la obra y crear un ambiente gráfico agradable para el espectador.

El flujo de trabajo es recíproco, constante y re-evaluativo, es decir, hasta terminar por completo el modelo del proceso constructivo, no se deja de realizar un constante manejo y verificación de lo realizado durante el modelado y gestión en Revit y Microsoft Project. Por ejemplo, en la interfaz gráfica de Navisworks puede saltar a la vista un error durante la programación en Microsoft Project, actividades sobrepuestas, o secuencias que no parecen estar de acuerdo al orden lógico del proceso en obra. La modificación puede realizarse en Microsoft Project y visualizarse inmediatamente en la animación de Navisworks, para complementar mutuamente el trabajo.

Algún error puede presentarse en el modelado: elementos inexistentes, elementos fuera de lugar, elementos erróneos, etcétera; que pueden ser percibidos durante la animación. La corrección inmediata en Revit, también complementa el trabajo que se realiza en Navisworks, modificándose de forma instantánea y por ende, perfeccionando la simulación.

4. CASO DE APLICACIÓN

Dado el propósito de la investigación, se optó por aplicar las metodologías BIM en el proyecto de construcción de la Clínica Materno Infantil de Floridablanca. Se encuentra localizada en la esquina noroccidental de la calle 7 con carrera 5, dentro de las antiguas instalaciones de la Licorera de Santander, del municipio de Floridablanca, departamento de Santander y cuenta con un área total mayor a los 5010 m².

Sus diseños y estudios de suelos, topografía, estructurales, arquitectónicos e hidrosanitarios fueron realizados por el grupo de investigación Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander.

Su licitación fue adjudicada al Consorcio Hospitales de Colombia en el año 2011.

4.1 SEGUIMIENTO DE OBRA

Cada uno de los elementos que conforman una edificación tiene su propio proceso constructivo. La escogencia de las metodologías a emplear y la secuencia en obra se basan en la experiencia de la empresa constructora y de los líderes que están a cargo de dirigir el avance.

Con el fin de obtener bases lógicas de procesos constructivos y de la gestión de la obra, se ejecutaron 18 visitas desde el 23 de mayo de 2013 hasta el 21 de marzo de 2014, en las cuales se efectuaron registros videográficos de última tecnología, mediante la utilización de la cámara esférica de 360° LadyBug y de la toma de fotografías estáticas digitales convencionales como las observadas en la Figura 4.

Los videos permiten identificar los elementos de la obra desde diversos puntos de vista para ser modelados y simulados acordes a la evolución de la edificación.

Gracias a este seguimiento en obra, fue posible realizar la animación virtual en el modelo de Navisworks recreando la realidad mediante la aplicación de las prácticas registradas en campo.

Figura 4. Registros de la evolución de la obra de la Clínica Materno Infantil de Floridablanca.



4.2 REALIZACIÓN DEL MODELO

Revit permite que los profesionales de diferentes áreas trabajen de manera independiente cada uno de los aspectos que le competen, para ser coordinados

posteriormente en un modelo final. Para esto, el software permite seleccionar entre un conjunto de plantillas especializadas en las distintas fases de un proyecto: Plantilla estructural, arquitectónica, mecánica, plomería y construcción.

En las instalaciones del proyecto de la clínica, se ubicaba anteriormente la Empresa Licorera de Santander. Para dar paso a la ejecución del proyecto, fue necesaria la demolición de la estructura existente.

El proyecto inicia con la intervención al terreno original, para esto es necesario escoger la plantilla de Revit adecuada para la coordinación de todos los ámbitos del proyecto, esta es la plantilla “Construcción”. En ella se modifica la estructura del suelo, para excavar y rellenar según los niveles determinados por el diseño. La clínica requirió cimentación profunda en la mitad de su estructura, y zapatas aisladas en todo su conjunto. Para esto, Revit permite modelar los movimientos de tierra pertinentes, y con esto calcula los volúmenes de excavación de forma precisa.

Posteriormente, se partió de la plantilla estructural para realizar el modelo de la clínica en dicha fase. Vigas, columnas, viguetas, riostras, muros estructurales entre otros elementos, fueron modelados a partir de las dimensiones y configuración enunciada por los diseñadores en los planos.

Se asignaron las características físicas, mecánicas y gráficas de los materiales utilizados en obra siendo correspondientes a cada uno de los elementos de la estructura.

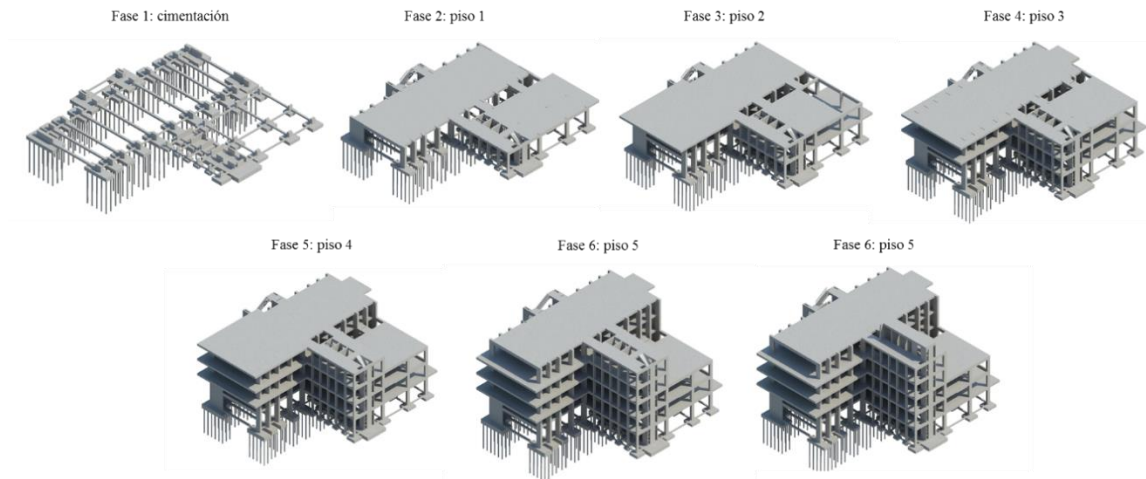
Revit permite observar el paso del 3D tradicional de Autocad a un 3D con características e información más específicas como un gran salto en el avance de la tecnología y en la manera de observar la estructura.

Durante el modelado se lograron percibir inconsistencias en los planos, quizá generados de forma involuntaria por los diseñadores o dibujantes; dimensiones mal especificadas, fallas de dibujo, detalles de elementos que no son acordes a los planos de planta, incoherencias entre planos; información nula, parcial o incomprensible. Dichas incoherencias normalmente llegan a ser perceptibles justo en el momento en que la obra se está ejecutando. El tiempo entre el contacto con el diseñador, la aclaración de la inconsistencia o duda y la ejecución de la actividad representa atrasos y pérdidas de tiempo. Cuando discordancias como estas son detectados en trabajo de oficina, mucho antes de que la obra se ejecute, se obtienen procesos de mayor calidad y eficiencia.

Por otra parte, con el modelado se hizo evidente la conformación de la estructura. Con esto y un trabajo de interventoría adecuado, se pueden hacer reajustes lógicos a lo planteado por el diseñador. Es un perfeccionamiento que solo con la visualización en tres dimensiones se puede lograr.

El manejo de fases facilita la visualización de cada etapa en la obra durante el modelado, como se puede evidenciar en las imágenes mostradas de la Figura 5. Es un primer acercamiento al proceso constructivo real.

Figura 5. Fases del modelo con modelado foto-realista en Autodesk Revit 2014



Posteriormente y mediante una plantilla arquitectónica se modelan los muros de mampostería, puertas, ventanas, barandas, cubiertas, cielo raso, enchapes y pisos, entre otros, que determinan el aspecto final del edificio.

Es de gran importancia la posibilidad de obtener cantidades de obra desde el modelo tridimensional. La exactitud obtenida permite presupuestar cantidades reales de los materiales que serán utilizados, así se logra invertir sin malgastar. Las compras podrán realizarse de forma que no se obtenga ni mucho más, ni mucho menos de lo indicado.

Las tablas de cantidades obtenidas pueden ser clasificadas a conveniencia: volumen de concreto para cada uno de los niveles de la edificación, concreto sólo para columnas, área de pisos para baños y pisos para oficinas de forma particular, entre otros.

La Figura 6 evidencia las cantidades totales de área y volumen de concreto para columnas de 5000 PSI por niveles.

Figura 6. Tabla de cantidades proporcionada por el software Revit 2014

<Cantidades - Concreto para Columnas>			
A	B	C	D
Nivel	Material	Material: Area	Material: Volume
N-1.200	Concreto_Para_Columnas_5000_Psi	808.020 m ²	150.851 m ³
N+4.550	Concreto_Para_Columnas_5000_Psi	648.795 m ²	118.960 m ³
N+9.100	Concreto_Para_Columnas_5000_Psi	648.795 m ²	118.960 m ³
N+13.650	Concreto_Para_Columnas_5000_Psi	565.865 m ²	106.265 m ³
N+18.200	Concreto_Para_Columnas_5000_Psi	565.865 m ²	106.265 m ³
Grand total: 173		3237.340 m ²	601.301 m ³

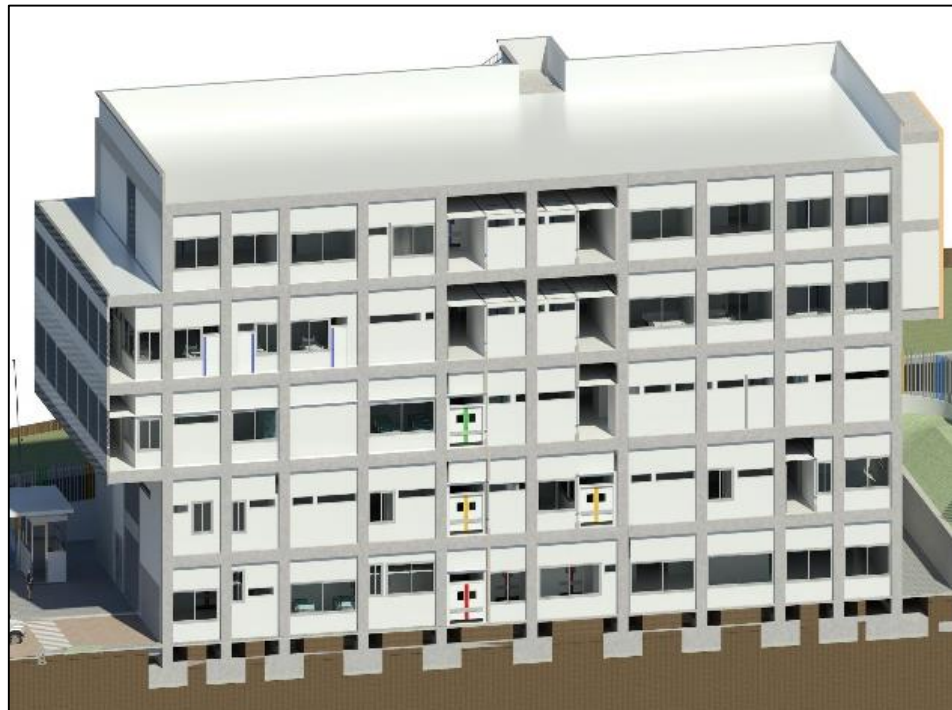
La arquitectura establece de forma minuciosa la ubicación de los elementos. Las ventanas y puertas poseen diferentes dimensiones, con las cuales se espera sean realizadas y compradas, y a su vez, permiten visualizar la forma como la luz llegará al interior de la edificación. Una imagen foto-realista de los acabados arquitectónicos del edificio puede ser apreciada en la Figura 7.

El software permite visualizar de manera profunda y práctica la distribución de espacios y la configuración de la arquitectura mediante la herramienta “Section Box” que habilita, casi literalmente, el corte del edificio en la dirección que se desee. En la Figura 8 se pueden apreciar puertas y ventanas al interior de la clínica.

Figura 7. Visualización foto-realista del edificio con acabados arquitectónicos.



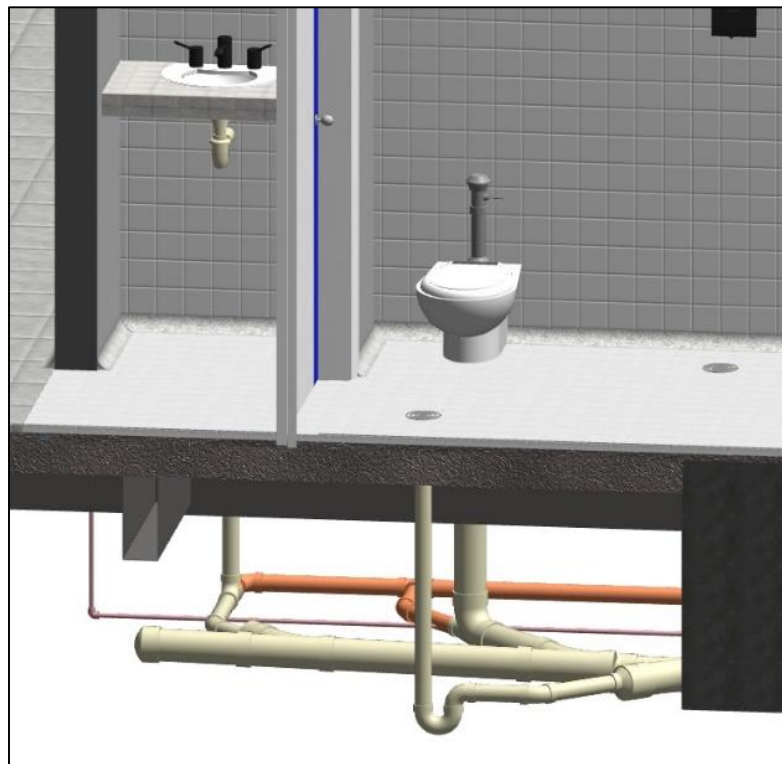
Figura 8. Visualización foto-realista de un corte transversal del edificio.



Con la plantilla MEP, se modelan las redes que para el caso estudiado presentan gran complejidad, como se evidencia en la Figura 9. No sólo deben analizarse las comunes redes hidráulicas y sanitarias, sino también redes eléctricas avanzadas, redes de fluidos peligrosos, tóxicos y/o biológicos, red contra incendios, entre otras.

La correcta disposición del trazado de estas redes permite crear seguridad en una edificación de tan alta importancia. Se logra visualizar que redes de gas natural no se crucen o pasen muy cercanas a redes de electricidad. Se controla el paso de tuberías para que no interfieran con columnas, vigas o muros. Se distribuye de manera eficiente gases medicinales y aire acondicionado. Se manejan las redes para que no se traspasen entre ellas. Los aparatos sanitarios, como inodoros o lavamanos, también pueden ser situados de forma lógica de acuerdo a la ubicación de los ductos para redes.

Figura 9. Detalle de redes hidráulicas y sanitarias



4.3 OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS

En Microsoft Project se establecen cada una de las actividades a realizar durante la obra. Por medio de sangrías se constituye la jerarquización de tareas, indicando cual es el proceso general y especificando cada evento por realizar. En la Figura 10 se pueden observar parte de las actividades principales tenidas en cuenta a lo largo de la obra. En cada una de ellas se establecen los procesos que terminarán por hacer cada elemento de la edificación en la animación.

Figura 10. Actividades generales del proyecto con su respectivo diagrama de Gant

Nombre de tarea
▲ Clínica Materno Infantil
▷ DEMOLICIONES Y PRELIMINARES
▷ CIMENTACIÓN Y CONTENCIÓN
▷ ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO
▷ ESTRUCTURA METALICA
▷ MAMPOSTERÍA, PAÑETES, ESTUCO Y PINTURA EPÓXICA
▷ PISOS Y ENCHAPES
▷ CIELO RASOS
▷ CUBIERTA
▷ FACHADAS
▷ CARPINTERÍA DE MADERA
▷ CAPINTERÍA METALICA
▷ INSTALACIONES HIDRÁULICA, SANITARIA Y DE GAS
▷ APARATOS SANITARIOS CON GRIFERIA
▷ INSTALACIONES ELÉCTRICA, ILUMINACIÓN, SONIDO Y COMUNICACIONES
▷ INSTALACIONES ESPECIALES

A través de columnas, para cada tarea se establecen: cantidad y unidades de los elementos en cuestión; cuadrilla con su rendimiento, que ejecutará la acción en una duración calculada automáticamente por el software; duración total de la tarea, lo que influye en una modificación de las fechas de inicio y fin de la actividad.

Las cuadrillas se establecieron pensando en la especialización del trabajo de quienes ejecutarían la obra. Cada cuadrilla tiene funciones especiales y rendimientos según la cantidad de personas que harían el trabajo, así como costos (por unidad de tiempo) correspondientes a su función, como se observa en la Figura 11. Las jornadas de trabajo también se establecen indicando la hora de comienzo y fin, la cantidad de horas de trabajo por día y por semana, así como los días que son laborales al mes.

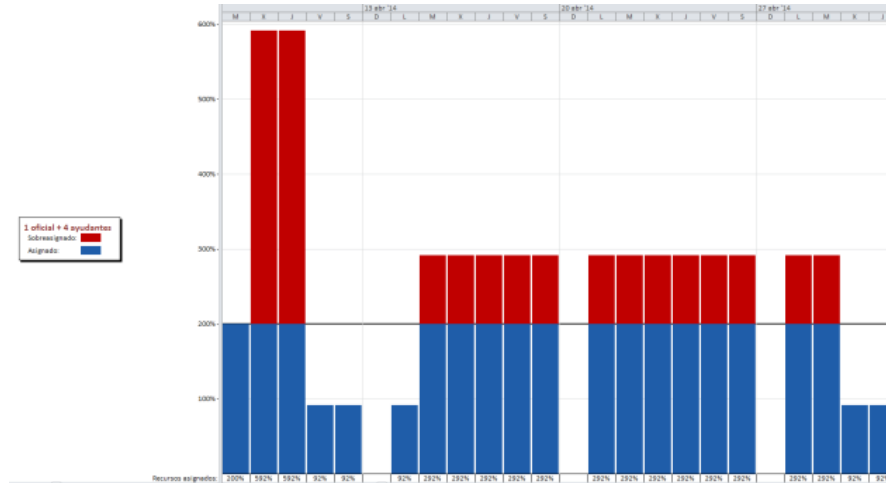
Figura 11. Recursos establecidos para el proyecto

Nombre del recurso	Tipo	Iniciales	Capacidad	Tasa estándar
1 Oficial + 4 Ayudantes (estructura en concreto)	Trabajo	1o+4a	1.000%	\$ 27.771,00/hora
Topógrafo	Trabajo	T	100%	\$ 9.000,00/hora
Cadenero	Trabajo	C	100%	\$ 6.300,00/hora
ayudante de topografía	Trabajo	a	100%	\$ 4.500,00/hora
1 oficial + 2 ayudantes (demoliciones)	Trabajo	1o+2a	400%	\$ 17.853,00/hora
Retroexcavadora	Trabajo	R	100%	\$ 90.000,00/hora
1 oficial + 8 ayudantes (alumbrado)	Trabajo	1o+8a	100%	\$ 43.200,00/hora
1 oficial + 4 ayudantes (demoliciones)	Trabajo	1o+4a	1.000%	\$ 27.771,00/hora
1 oficial + 5 ayudantes (desmonte)	Trabajo	1o+5a	400%	\$ 32.730,00/hora
1 oficial + 3 ayudantes (desmonte)	Trabajo	1o+3a	400%	\$ 22.812,00/hora
1 oficial + 5 ayudantes (cimentación)	Trabajo	1o+5ac	100%	\$ 32.730,00/hora
1 oficial + 2 ayudantes (acero)	Trabajo	1o+2aa	1.000%	\$ 17.853,00/hora

La optimización de recursos se realiza a la par con la visualización del Gráfico de Recursos. Allí se puede observar si los porcentajes de trabajo asignados a cada cuadrilla llegan a sobre-asignarse o no.

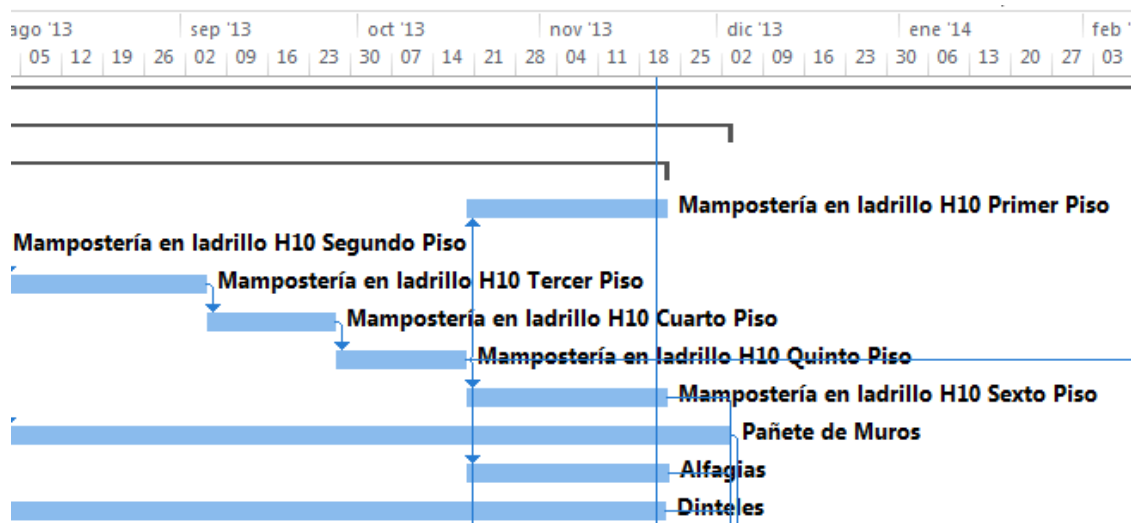
En la Figura 12, se muestra en color rojo aquellos porcentajes de cuadrilla que se encuentran sobre-asignados. Esto representaría en la realidad que en algún momento se requerirá más personal que los que se encuentran disponibles para realizar una labor.

Figura 12. Gráfico de recursos erróneo



Cada tarea lleva un orden lógico. En la medida que se establece el orden cronológico, el diagrama de Gantt muestra el enlazamiento de cada una de ellas. Esto se realiza al establecer tareas predecesoras a cada tarea actual con algún determinado desfase de tiempo, indicando si se desea que el orden predecesora-actual sea de comienzo a fin, fin a comienzo, fin a fin o comienzo a comienzo. En la Figura 14 se registra una porción del flujo de trabajo en la programación de la obra mediante el diagrama de Gantt, así como la cuadrilla que está ejecutando la actividad a lo largo de las fechas indicadas.

Figura 14. Porción del diagrama de Gantt



4.4 SIMULACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

Es claro que la programación realizada en Project no deja de ser un listado ordenado y jerarquizado de un proceso a realizar. Sin embargo, la única forma de poner a prueba que lo planteado realmente cumple una secuencia lógica es ejecutando las actividades en los tiempos establecidos.

Esperar a que la construcción se lleve a cabo indica que sólo hasta el momento de estar en obra será posible evidenciar posibles errores cometidos durante la

programación. El tiempo para solucionar inconvenientes genera retrasos y pérdidas económicas.

La mejor manera de realizar una evaluación previa al comportamiento de la obra según su programación es mediante la simulación digital de los eventos y tareas a ejecutar.

Para la Clínica Materno Infantil se procedió a programar y animar simultáneamente, de esta manera se pueden corregir errores a medida que se van evidenciando en la animación.

El modelo tridimensional es vinculado al archivo de Navisworks, de manera que cualquier cambio realizado en el modelo es actualizado en el vínculo.

Por otra parte, el concreto presenta características gráficas realistas que en el modelado generan una mayor apreciación de detalles y cambios de ambiente y luz. La mampostería, las fachadas en lámina, los materiales de puertas y ventanas son definidos acorde a las características que los arquitectos dispusieron para el proyecto.

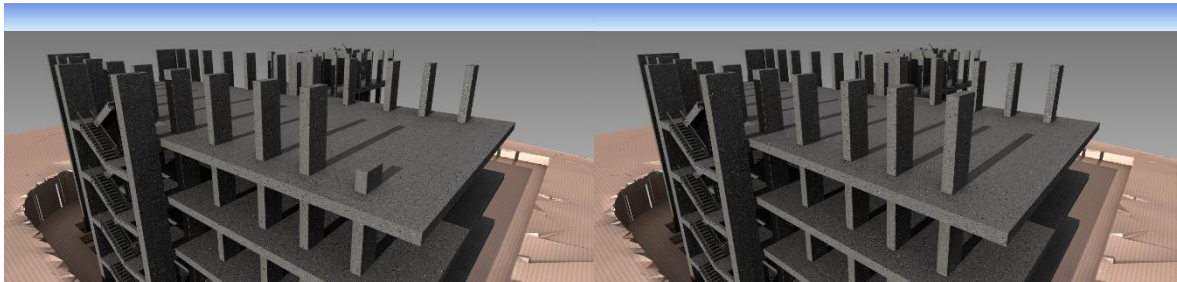
Cada elemento es una unidad estática que presenta características de lugar y función en la obra, pero no tiene parámetros para obtener movimiento en el avance del proceso constructivo. Es necesario agregar acciones a cada parte del modelo para que sean ejecutadas en la duración establecida en la programación. Conociendo la forma como se ejecuta la acción en obra, se intentó animar los elementos con movimientos similares a lo real.

Por una parte, en obra se ejecutan demoliciones y excavaciones, y por otra se construyen y ponen nuevos elementos.

La excavación en el terreno es representada por volúmenes que desaparecen progresivamente dejando a su paso el espacio para contener el material de los elementos de cimentación y contención de la edificación.

El concreto, que es vaciado en el sitio, es animado mediante un cambio en la escala del elemento, haciendo parecer que “crecen” en la medida que aumenta el material. Una animación de este tipo se ve representada en la Figura 15.

Figura 15. Aumento del material en una columna tipo.



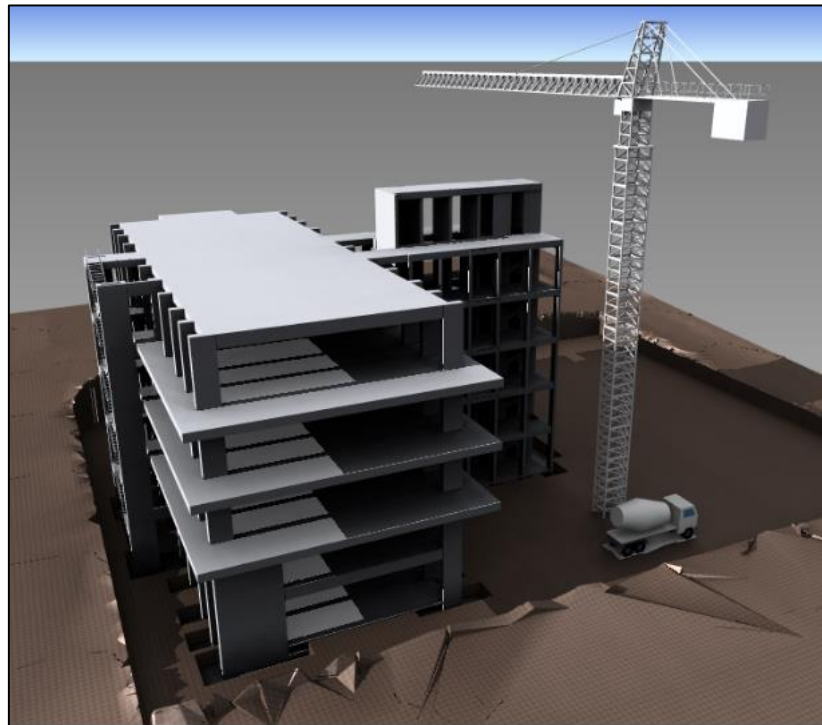
Los muros también aumentan de tamaño, pensando en la manera como se coloca la mampostería a manera de hileras en forma vertical.

Ventanas, puertas y otros elementos de fachada así como perlines metálicos para la estructura, llegan al sitio procedentes de fábrica, por lo que su animación es una postura rápida del elemento en su correspondiente lugar.

Posteriormente, cuando cada elemento posee su propia acción, se establece un conjunto denominado escena, que corresponde a cada actividad o tarea establecida en la programación de obra. Por ejemplo, la tarea “Concreto para columnas” posee una animación de la fundición de todas las columnas, las cuales tienen una animación particular descrita anteriormente.

En Timeliner se establece la escena correspondiente a la actividad. Así mismo, se escoge el tipo de tarea: Construcción, demoler o temporal, lo que generaliza la manera como se ejecuta la acción. Un elemento en tipo de tarea demoler, desaparece al ejecutarse la acción, por ejemplo, las excavaciones en el terreno. En el tipo construcción, los elementos aparecen según la animación dada y permanecen activos durante el resto del proceso, tal como sucede con muros y vigas. Elementos temporales aparecen en la obra para ejecutar una acción momentánea necesaria para la realización de otras acciones, como maquinaria, y al terminar su acción desaparecen del espacio visible de la obra. Algunos de estos elementos se observan en la Figura 16.

Figura 16. Elementos de tarea temporal como Torre Grúa y Camión Mixer.



Las actividades son enlazadas desde Project a Navisworks, permitiendo actualizar los cambios que surtan en el archivo, por ejemplo, al generarse mejoras. Las tareas importadas conforman nuevamente un diagrama de Gantt.

El software permite incluir fechas de inicio y fin reales para comparar respecto a las planeadas. Iconos sencillos indican si la tarea tuvo un inicio o fin posterior o anterior a lo planeado. Estos desfases pueden evidenciarse en la simulación, indicados por cambios de color en los elementos.

Los costos de material, mano de obra y equipos pueden ser incluidos en la tabla de tareas de Timeliner. A partir de ellos, el software calcula un costo total para la tarea específica y para la obra en general.

La simulación, o la puesta en marcha de la ejecución virtual del proceso constructivo, es la finalización de un trabajo de oficina minucioso, complejo y preciso. Se puede evidenciar gráficamente el progreso de la obra de la Clínica Materno Infantil del Sur a lo largo de un tiempo a escala, que transcurre con la rapidez que se desee establecer. Durante la simulación, cada una de las actividades muestra un porcentaje de progreso en la obra. Las fechas y horas puntuales del instante mostrado van corriendo en la animación, así como los días y semanas totales acumulados a la fecha. También se puede evidenciar el aumento de los costos según lo que se ha ejecutado.

5. PRODUCTOS

Como producto del proyecto emprendido, se realizaron videos guía como alternativa en los procesos de enseñanza-aprendizaje para introducir técnicas de modelado y simulación del proceso constructivo, utilizando tecnologías BIM, como herramienta para facilitar la gestión de la construcción de edificaciones en altura con base en los nuevos avances de la tecnología, involucrando el contexto real en el digital de forma interactiva.

Así mismo, los modelos en formato .rvt y el video de la simulación del proceso constructivo, son muestra del trabajo aplicado a la obra de la Clínica Materno Infantil. En la Figura 17 se aprecia el modelo tridimensional realista de la edificación.

Figura 17. Producto obtenido del modelo tridimensional final realizado con el software Autodesk Revit



6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

6.1 RESULTADOS DE REVIT

Tras obtener el modelo e interactuar con el software, se puede realizar una comparación con las herramientas actualmente utilizadas en el ámbito de modelado bidimensional y tridimensional, como Autocad, y las ventajas y desventajas de su uso en los ámbitos de la consultoría y la construcción. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Ventajas y desventajas del uso del software REVIT 2014

Ventajas	Desventajas
Obtener planos en planta, elevaciones, secciones o vistas tridimensionales de manera rápida y precisa	Los requerimientos gráficos y de procesamiento de datos de los equipos de cómputo para realizar los modelos son bastante altos y costosos
Obtener cantidades de los materiales y elementos de obra de manera rápida y precisa, permitiendo la realización de presupuestos con mayor calidad en ítems y cantidades	Implementar este tipo de metodologías, requiere de una reestructuración de las organizaciones, en cuanto al flujo de información y de trabajo, basado hoy en día en software CAD.
Características visuales de los elementos de manera atractiva y clara.	No todo el proyecto puede ser modelado. Por ejemplo el cableado eléctrico,
Revit permite de manera simultánea la consecución de un modelo integrado, articulando las diferentes disciplinas	Los sistemas de redes, resultan complejos y no representan gran atracción visual.

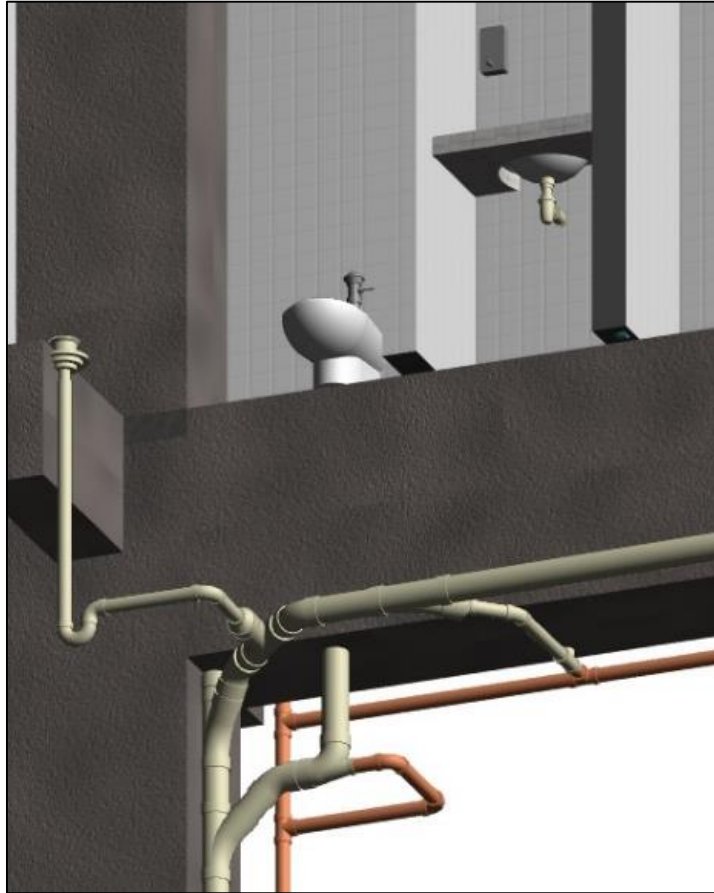
<p>en un solo proyecto.</p> <p>Así mismo, abre los espacios de discusión entre los profesionales del diseño y la construcción sobre temas cruciales del proyecto, trabajando incluso de forma remota.</p>	<p>Muchos elementos como válvulas y accesorios de tubería que se consiguen en el mercado de la región no están disponibles en el software.</p>
<p>Detección de interferencias, colisiones e incoherencias entre estructura, arquitectura, redes, topografía, etc</p>	<p>Los modelos de Revit no tienen en cuenta de manera explícita la cantidad de desperdicio generada durante la obra</p>
<p>Revit permite un mejor seguimiento del ciclo de construcción del edificio</p>	<p>Algunos elementos como el acero de refuerzo, hacen que la visualización del modelo se torne lenta y complicada.</p>
<p>El profesional que desea plasmar un diseño, puede realizarlo a través de revit de una manera productiva y detallada</p>	
<p>Vinculación bidireccional con software de tecnología tipo CAD</p>	

Con las características presentadas en las diversas problemáticas ocurridas en la ejecución del proyecto de la clínica, se evidencia que Revit hubiese sido una herramienta práctica y de gran ayuda para evitarlos o solucionarlos previamente.

Durante la elaboración de redes hidrosanitarias se encontraron intersecciones en los trazados de tubería con elementos estructurales como columnas y vigas, que fueron detectadas y corregidas en el modelo, tal como la observada en la Figura

18. Esto hubiera permitido que en obra no existieran pérdidas de tiempo y costo en la corrección de inconsistencias de éste tipo.

Figura 18. Intersección hallada entre viga y columna con red sanitaria.



Dentro de los inconvenientes registrados se encuentra que las modificaciones a los diseños entregados, y la ejecución de mayores cantidades de obra e ítems nuevos, obligan a realizar ajustes al proyecto atrasando las actividades del mismo.

La complementación, aclaración y modificación de los planos, cuando estos se encuentran modelados y extraídos de un modelo BIM, pueden ser realizadas de manera rápida, eficiente, oportuna y coordinada entre los diferentes profesionales que intervienen en los diseños.

Cualquiera de estos ajustes se ve inmediatamente modificado en las cantidades del proyecto. Revit permite obtener esta información al instante y de forma organizada para diversos ítems de un proyecto. En la Tabla 2 se presenta una comparación de algunos de los ítems principales, entre los ejecutados en obra y los generados por el software, así como la diferencia porcentual entre ambos casos.

Tabla 2. Comparativo de cantidades.

Ítem	Obra	Revit	Diferencia
Concreto para zapatas (4000 psi)	532.9 m ³	524.7 m ³	1.56%
Concreto columnas de 5000 psi	557.5 m ³	597.8 m ³	6.74%
Acero de 60000 psi	418219.4 kg	422683.3 kg	1.06%
Mampostería en ladrillo H10	6028.25 m ²	6850 m ²	12.00%
Pisos interiores	4000.49 m ²	4431 m ²	9.72%
Tubería PVC-P diam. (2")	126.7 ml	129.69 ml	2.31%
Tubería PVC-S diam. (2")	519.5 ml	670.01	22.46%

Las diferencias entre las cantidades observadas en la tabla se deben a múltiples factores entre los que se destacan posibles cambios en obra de las dimensiones algunos elementos, desperdicios de material, aproximaciones realizadas a cantidades que no pueden ser medidas con facilidad en obra, como las excavaciones, etc.

Para la realización de un presupuesto detallado, Revit evidencia gran precisión en la información proporcionada. Las cantidades se asemejan a las reales ejecutadas en obra con diferencias que en general son bajas y aceptables, contrario a lo que se percibe cuando la información se obtiene sólo de planos 2D.

6.2 RESULTADOS DE PROJECT

Project es una herramienta que desde hace años ha sido sometida a actualizaciones para mejorar su capacidad en la programación de obra. Sin embargo, para la metodología trabajada en la que se obtienen duraciones a partir de los rendimientos y las cantidades ejecutadas, Project pierde precisión con su reducida cantidad de decimales con la cual permite trabajar, máximo dos decimales para campos de “Cantidad”, “Rendimiento” y “Duración”.

Se ha evidenciado que la carencia de decimales influye directamente en el campo “Duración”, al generar tiempos de trabajo adicionales o inferiores a los determinados con el cálculo.

En la distribución de porcentajes de cuadrillas a diferentes tareas, también sería importante que los porcentajes de los recursos pudieran tener decimales para permitir que las duraciones finales de varias tareas simultáneas sean totalmente iguales.

La programación realizada en Microsoft Project permite determinar una fecha de finalización de la obra y duración total de las actividades a partir de los rendimientos de referencia extraídos de los Análisis de Precios Unitarios del proyecto y las cantidades que son posibles obtener del modelado en Revit.

Fecha de inicio en Project: 1 de agosto de 2012

Fecha de finalización en Project: 5 de Agosto de 2014.

Duración total de la obra en Project: 24.46 meses

Estas duraciones pueden ser comparadas con el tiempo real que las distintas actividades tardaron en obra para analizar y determinar la eficacia de esta herramienta como facilitadora de la organización de los procesos constructivos,

como se observa en las tablas 3 y 4. Sin embargo, hay que resaltar que la construcción de una obra de infraestructura es un proceso estocástico que involucra gran cantidad de variables que no pueden ser simuladas mediante software.

Tabla 3. Duraciones estimadas con Microsoft Project 2013

Actividad	Duración estimada [meses]
Cimentación y contención.	3.3
Estructura en concreto reforzado	10.1
Mampostería, pañetes, estuco y pintura	9.2
Pisos y enchapes	4.4
Instalaciones hidráulicas, sanitarias y de gas	11.5
Red sistema contra incendio	9

Tabla 4. Duraciones reales

Actividad	Duración real [meses]
Cimentación y contención.	3.5
Estructura en concreto reforzado	8.9
Mampostería, pañetes, estuco y pintura	8.4
Pisos y enchapes	4.4
Instalaciones hidráulicas, sanitarias y de gas	11.9
Red sistema contra incendio	8.5

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por la interventoría, Consorcio HFB.

Así mismo, se pueden generar variaciones entre las duraciones estimadas y reales debidas a que los rendimientos base fueron tomados partir de datos de

promedios generales, y netamente de referencia, que pueden no corresponder a las capacidades reales de las cuadrillas y equipos de la constructora. De manera general, se encontró que los rendimientos para ítems estructurales son bajos, y los de mampostería y redes son altos respecto a lo evidenciado en campo.

Además, debido a los procesos contractuales para la adición de recursos, en algunas oportunidades la obra disminuyó su ritmo de trabajo a la espera de respuestas que indicaran un aumento presupuestal y de tiempo para la ejecución del contrato.

Por otra parte, los registros de las visitas a obra fueron una pieza clave para guiar una correcta programación de la obra, sin embargo, esto no constituye la exactitud de las tareas planteadas en Project, pues se vieron sometidas a la influencia de criterios propios. Aun así, tras el análisis de las duraciones, la aproximación alcanzada es bastante certera.

6.3 RESULTADOS DE NAVISWORKS.

El software facilitó identificar de manera anticipada el comportamiento de las diferentes tareas en la medida que se realizan en la simulación. Esto dio un valor agregado visual a la programación escrita, permitiendo pulir la organización de las tareas, y brindando garantías sobre la calidad de las secuencias y sobre la prolongación de cada actividad.

Con navisworks se puede responder fácilmente la pregunta. ¿Cuánto puedo hacer o construir con determinado monto de dinero?. En la simulación se pre-visualiza el flujo en la inversión económica en los instantes que se desee o a lo largo de la ejecución de la obra. Con esto, la gestión de recursos se hubiera podido prever con una mayor claridad, para cubrir las necesidades de insumos, materiales, personal, entre otros, de una manera más efectiva.

Conociendo que la obra estuvo sujeta a la solicitud de varios adicionales, el software hubiera podido indicar el monto de los recursos adicionales o faltantes, en términos de costo y cantidad, evitando el tedioso proceso de manera reiterativa.

Es evidente que si se hubiera interactuado con la simulación anticipada a la construcción de la clínica, se hubiese permitido una planeación de la logística de la construcción más acertada, ágil y productiva, al reducir los tiempos de organización de las tareas y de la toma de decisiones.

Por otra parte, con la herramienta “Clash Detective”, el software Navisworks identificó de manera autónoma las interferencias entre elementos estructurales, arquitectónicos y de redes que no se habían apreciado durante el modelado en Revit.

6.4 OTRAS CONCLUSIONES

- Se logró obtener un manejo amplio de los software que hacen parte de metodologías BIM, a través del autoaprendizaje, a pesar de la limitación de información sobre su manejo. Es una manera de ser pioneros en el uso de estas nuevas tecnologías debido a su escaso uso en la región.
- Con la potencialidad de estas herramientas se espera que sean masificadas prontamente en el sector de la construcción en Colombia, para obtener beneficios competitivos ante empresas extranjeras, así como mejores relaciones beneficio-costos que repercutan favorablemente en la economía.

- Con la ampliación del uso de tecnologías BIM también se espera que se reduzca en Colombia la problemática de obras inconclusas y de empresas constructoras que se quedan sin recursos por malos manejos presupuestales.
- BIM por sí sólo, no supone una garantía de que la efectividad de estas metodologías genere grandes resultados favorables para las empresas que la apliquen. Requiere de la intervención profesional de actores capacitados en el manejo de las tecnologías y de lo concerniente al ámbito ingenieril. Las obras de construcción están sujetas a factores imprevisibles, no controlables y difíciles de simular, como el estado del tiempo, catástrofes naturales, robos, y otras problemáticas del ámbito constructivo.
- Este tipo de tecnologías permite realizar un análisis sobre el estado de la edificación en cada una de las etapas de la vida del proyecto, por lo cual no solo es importante su uso en la etapa de diseño y presupuesto, también en la fase de construcción. Esto permitiría tener una concepción más detallada del proyecto, logrando dinamizar la ejecución de las tareas y evitándose la necesidad de modificaciones a elementos ya construidos por equivocaciones que pudieron haberse prevenido.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] McGraw-Hill Construction. BIM Adoption: By U.S State & Canadian Province (Documento en línea). [citado 3 de mayo de 2013]. http://www.bim.construction.com/research/pdfs/2009_BIM_Adoption_by_US_State_and_Canadian_Province.pdf
- [2] EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael y LISTON, Kathleen. BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008. 490 p.
- [3] Ibid.
- [4] Bimmeeting. (Documento en línea). <<http://bimmeeting.es/directiva-sobre-contratacion-publica-de-la-union-europea-euppd/>>. [citado 20 de abril de 2014]
- [5] *The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets*. McGRAW HILL Construction. (documento en línea). 2014. <www.abc.org/Portals/1/.../BIM%20SmartMarket%20Report%202014.pdf>. [citado 04 de abril de 2014]
- [6] *Coordinación de proyectos de arquitectura con Autodesk Navisworks*. Serrano, Damian. (Documento en línea). 2011. <<http://sistemamid.com/preview.php?a=1567>>. [citado 19 de marzo de 2014]
- [7] ASSAEI, David. BIM: Adios al CAD. 2011. [Documento en línea] <http://www.plataformaarquitectura.cl/2006/11/24/bim-adios-al-cad/> [citado 06 de julio de 2013]
- [8] *Project Professional 2010*. <<http://www.microsoft.com/project/es/es/project-professional-2010.aspx>> [citado 14 de diciembre de 2013]

BIBLIOGRAFÍA

ALCÁNTARAS ROJAS, Paul Vladimir. Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM. Lima, 2013, 143 p. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Área de investigación

ASSAEI, David. BIM: Adios al CAD. 2011 [En línea]. [Consultado 6 de Julio de 2013]. <http://www.plataformaarquitectura.cl/2006/11/24/bim-adios-al-cad/>

AUTODESK, inc. El Rendimiento de la inversión con BIM [En línea]. [Consultado el 6 de Julio de 2013] http://images.autodesk.com/emea_s_main/files/sp_revit_bim_roi_jan07.pdf

AUTODESK, inc. Modelado de Información para la Edificación [En línea] (Consultado 6 de Julio de 2013) http://www.autodesk.es/adsk/servlet/index?siteID=455755&id=10200355&DCMP=DMC-BIM_ES_DM

COLOMA, Eloi. Introducción a la Tecnología BIM. Universidad Politécnica de Cataluña. 2008. 40 p.

DEUTSCH, Randy. BIM and Integrated Desing. New Jersey. Jhon Wiley & Sons, Inc. 2011. 193 p.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael y LISTON, Kathleen. BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008. 490 p.

GRAPHISOFT. Open BIM [En línea]. [Consultado 6 de Julio de 2013]. http://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/about_bim/

HARDIN, Brand. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. Indianapolis, Indiana. Wiley Publishing, Inc. 2009. 340 p

JERNIGAN, Finith. BIG BIM: Little bim. Salisbury, Inglaterra. 4Site Press. 304 p.

KYMMELL, Willem. Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations. Estados Unidos. McGraw Hill-Construction. 270 p.

LOYOLA VERGARA, Mauricio y URRUTIA BEIZA, Ricardo. Desafíos y propuestas para la implementación de Building Information Modeling en Chile. Sigradi No 143, P. 617 – 621. Brasil. 2012

MCGRAW-HILL CONSTRUCTION. BIM Adoption: By U.S State & Canadian Province [en línea]. [Consultado 6 de Julio de 2013]. http://www.bim.construction.com/research/pdfs/2009_BIM_Adoption_by_US_State_and_Canadian_Province.pdf

SMITH, Dana y Tardif, Michael. Building information Modeling: A strategic Implementation Guide for Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers. New Jersey. Jhon Wiley & Sons, Inc. 2009. 186 p.

VANDEZANDE, James. READ, Phil y KRYGIEL, Eddy. Revit Architecture 2013. Estados Unidos. 336 p.