



RECIBIDO EL 25 DE NOVIEMBRE DE 2019 - ACEPTADO EL 26 DE FEBRERO DE 2020

ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA BIM EN EDIFICACIONES DE BAJA COMPLEJIDAD EN COLOMBIA, MEDIANTE IDM Y MAPAS DE PROCESOS

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF BIM METHODOLOGY IN LOW COMPLEXITY BUILDINGS IN COLOMBIA, THROUGH IDM AND PROCESS MAPS

165

Florinda Sánchez Moreno¹ José Fernando Higuera² Ana Dorys Ramírez López³

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca,

Yuber Alberto Nope Bernal⁴ Jaime Olivier Soto Muñoz⁵

Universidad La Gran Colombia, Universidad del Bio Bio

¹ *Ingeniera civil, especialista en conservación del patrimonio arquitectónico y doctora en Nuevos Recursos y Sustentabilidad en Turismo de la Universidad de Salamanca. Docente investigadora de la Facultad de ingeniería y arquitectura de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Ponente nacional e internacional con publicaciones en temas relacionados con Construcción sostenible y gestión del territorio.*

florinda.sanchez@unicolmayor.edu.co

Código Orcid: 0000-0001-5813-6929 florinda.sanchez@unicolmayor.edu.co. Cel: 3013714601

² *Arquitecto. Especialista en Planificación y Gestión del Territorio, MSc Humann Settlements. KULeuven. Docente investigador Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Amplia experiencia en Desarrollo sostenible y espacio público. jhiguera@unicolmayor.edu.co Código Orcid: 0000-0003-2007-1896*

³ *Arquitecta, Especialista en Pedagogía para el Desarrollo del Aprendizaje Autónomo, Especialista en Dirección Prospectiva y Estratégica de las Organizaciones Universitarias, Magister en Docencia Universidad de la Salle, Universidad. Docente investigadora Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Publicación de libros relacionados con la representación de la edificación. Amplia experiencia en docencia universitaria y dirección de programas tecnológicos. adorysramirez@unicolmayor.edu.co Código Orcid: 0000-0003-0462-8623*

⁴ *Arquitecto, Especialista en Arquitectura y Urbanismo, magister en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética. Doctor en Arquitectura y Urbanismo de la universidad del Bio Bio. Docente investigador Universidad La Gran Colombia. Experto en Arquitectura pasiva y eficiencia energética / BIM y Diseño Integrado. Publicación de artículos científicos relacionados con Metodologías BIM. yuber.nope@ugc.edu.co Código Orcid: 0000-0003-2580-8666*

⁵ *Ingeniero y constructor civil, Magister en docencia universitaria y administración y empresas. Investigador Fondecyt y DIUBB. Docente del Departamento de Ciencias de la Construcción Universidad del Bio Bio. Sus principales áreas de investigación son costos, empresas y la industria de la construcción, eficiencia energética y sustentabilidad. jsotom@ubiobio.cl Código Orcid: 0000-0002-5767-6189*



RESUMEN

La evolución en las tecnologías de la información y la comunicación, especialmente durante lo corrido del siglo XXI han propiciado cambios de paradigmas en todos los campos del conocimiento, favoreciendo procesos de gestión más eficientes y la implementación del trabajo en red en muchos de los sectores que dinamizan la economía nacional.

En este contexto, uno de los sectores que se caracteriza por su contribución al desarrollo socio económico del país es la Construcción, con 7% de aporte al producto interno bruto, y la generación de 1.8 millones de empleos anuales en su cadena productiva (Revista Dinero.2018), lo que conlleva una gran responsabilidad social, y la permanente búsqueda de tecnologías de vanguardia que hagan más sostenible la actividad en todos los ámbitos, tanto económico como socio ambiental, apostando por los propósitos globales de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible, y los objetivos del Libro Verde de Colciencias Desafíos 2030.

Una de las tecnologías en las que la construcción ha incursionado en las últimas décadas es el modelo de gestión mediante metodología BIM que ya se desarrollaba a nivel mundial desde inicios de los 80. El Building Information Modeling (BIM) es un proceso en donde se generan y se gestionan datos de una obra arquitectónica o civil utilizando softwares dinámicos de modelado en tres dimensiones con propiedades de los componentes que permiten obtener reportes en tiempo real en la medida que se actualicen los datos del modelo, con lo cual se optimizan los recursos de un proyecto constructivo durante todo su ciclo de vida, a partir de la integración de equipos multidisciplinares que aportan al desarrollo del proyecto, y a la toma de decisiones en tiempo real mejorando indicadores de tiempo de ejecución, costos de operación e inconsistencias entre especialidades.

En Colombia se aprueban mensualmente alrededor de dos millones de metros cuadrados de construcción (DANE 2019), de los cuales el 80% corresponde a licencias para edificaciones de vivienda, por parte de mediana y pequeñas constructoras, por lo cual se convierte en el segmento líder que orienta y aporta resultados significativos para el sector. En este contexto, el objetivo de la investigación es identificar el grado de implementación de la metodología BIM en los procesos de construcción de obra con datos reales, y las posibles problemáticas y aspectos por mejorar en la implementación de la tecnología BIM, relacionados con el personal de obra desde cada uno de sus roles, a partir de un estudio de caso. La metodología de investigación exploratoria y de campo, aporta datos cuantitativos y cualitativos obtenidos a partir de entrevistas a grupos focales de la empresa de construcción. Dichos datos se integran aplicando el Manual de Entrega de Información IDM, para luego generar un mapa de procesos con el cual se identifican problemáticas en los procesos de implementación BIM, evidenciando el cambio de paradigmas respecto a la formación del constructor y de los nuevos especialistas que intervienen en el diseño, construcción y operación de proyectos de construcción.

PALABRAS CLAVE

BIM, IDM, construcción sostenible, gestión de construcción.

ABSTRACT

The evolution of information and communication technologies, especially during the XXI century, have led to paradigm changes in all fields of knowledge, favoring more efficient management processes and the implementation of networking in many of the sectors that energize the national economy.



In this context, one of the sectors that is characterized by its contribution to the socio-economic development of the country is Construction, with a 7% contribution to the gross domestic product, and the generation of 1.8 million jobs per year in its production chain (Dinero Magazine .2018), which entails great social responsibility, and the permanent search for cutting-edge technologies that make activity more sustainable in all areas, both economic and socio-environmental, betting on the global purposes of the 2030 Agenda for Sustainable Development, and the objectives of the Colciencias Green Book Challenges 2030.

One of the technologies in which construction has ventured in recent decades is the management model using BIM methodology that was already being developed worldwide since the early 1980s. Building Information Modeling (BIM) is a process where they are generated and data of an architectural or civil work is managed using dynamic three-dimensional modeling software with properties of the components that allow obtaining reports in real time as the data of the model is updated, thereby optimizing the resources of a constructive project throughout its life cycle, from the integration of multidisciplinary teams that contribute to the development of the project, and to decision-making in real time, improving performance time indicators, operating costs and inconsistencies between specialties.

In Colombia, around two million square meters of construction are approved monthly (DANE 2019), of which 80% correspond to licenses for housing buildings, by medium and small construction companies, which is why it becomes the leading segment that guides and provides significant results for the sector. In this context, the objective of the research is to identify the degree of implementation of the BIM methodology in the construction processes of work with real data, and the possible problems and aspects to

improve in the implementation of BIM technology, related to personnel of work from each of their roles, based on a case study. The exploratory and field research methodology provides quantitative and qualitative data obtained from interviews with focus groups of the construction company. These data are integrated by applying the IDM Information Delivery Manual, to then generate a process map with which problems are identified in the BIM implementation processes, evidencing the change of paradigms regarding the training of the builder and the new specialists that they are involved in the design, construction and operation of construction projects.

KEYWORDS

BIM, IDM, sustainable construction, construction management.

ANTECEDENTES

La construcción es una de las principales fuentes de empleo a nivel nacional con un índice del 6.4% de ocupación (DANE.2019), lo cual genera un alto compromiso por parte de la academia sobre investigaciones asociadas a personal empleado en obras de construcción y su incidencia en la cadena productiva del sector. La metodología BIM dentro de sus objetivos promueve la integración de equipos de trabajo en entornos digitales para lo cual se debe contar con la capacitación técnica y la destreza en el uso de tecnologías de información que imponen nuevos retos al talento humano desde su formación en los diversos niveles de los procesos para dar respuesta a las nuevas necesidades del contexto. En los procesos de construcción en Colombia, la implementación de metodologías para la integración de modelos presenta muchos inconvenientes por el desconocimiento de herramientas avanzadas de gestión que permitan la coordinación y la toma de decisiones importantes por parte de equipos multidisciplinarios. En este sentido,



un porcentaje de empresas constructoras en Colombia ha venido migrando al modelo de gestión BIM en busca de los múltiples beneficios que se derivan de él, entre otros:

- Optimización de los diseños
- Coordinación de diseños en tiempo real
- Identificación de los riesgos y evaluación de los proyectos en etapas tempranas
- Agilidad en la toma de decisiones
- Ajuste de detalles constructivos por detección de interferencias
- Vinculación del modelo con gestión de compras, avance de cronograma y actas de pago.
- Optimización de los procesos de construcción en busca de cero pérdidas

Según datos suministrados por la Cámara Colombiana de la Construcción CAMACOL, más del 40% de las edificaciones nuevas que se desarrollan en Colombia ya están implementando la metodología BIM, en consecuencia “el aporte de esta digitalización en la construcción se resume en 600 días de reducción directa del cronograma de obra y de 32 por proyecto, en promedio. A esto se le puede agregar el aumento del 25% en la productividad y la disminución de 2,5 % en los costos por obra” (Diario El Tiempo, agosto 24/2018).

Recientes estudios relacionados con el tema en cuestión a nivel nacional, revelan datos relacionados con la efectividad de la implementación en obra de la metodología BIM, en donde se contrastan las cantidades y costos de una obra por el método tradicional contra la misma obra controlada mediante metodología BIM, encontrando resultados que arrojaban ahorros hasta del 14% en la utilidad, incluidos los costos por implementación (Hinojose, Pinilla.2014.p.58).

De otra parte, la investigación denominada “Impacto económico del uso de BIM en el desarrollo de proyectos constructivos: estudio de caso en Manizales (Colombia)” aborda los aspectos de un proceso constructivo de vivienda de estrato medio diseñado y ejecutado por métodos tradicionales, el cual, para el proceso de investigación, se modeló en Revit 2014, dando seguimiento al proceso de obra verificando interferencias con el uso de la herramienta Clash Detective del programa Navisworks 2015, encontrando un 98% de interferencias entre redes eléctricas y estructura, y, 45% entre diseños arquitectónico y estructural. En cuanto a las interferencias encontradas en obra, se estableció que la mayor parte de los cambios o inconsistencias estaban asociados a “problemas de diseño con un 61,9% del total de las causas, seguido en menor porcentaje por los cambios en la etapa de construcción con un 28,57%” (Salazar, Galindo.2014). En la verificación presupuestal se encontró para pequeñas y medianas empresas del sector, deben incurrir en excesivos costos iniciales por cuenta de adquisición de software y hardware con características especiales para el flujo de trabajo, conectividad a un servidor con gran capacidad para el flujo de información, y dependiendo del tamaño del proyecto también se debe contemplar la posibilidad de generar puestos de trabajo adicionales y cambios drásticos de roles, lo que en una etapa inicial puede afectar la eficacia y el resultado final del proyecto. (Salazar, Galindo.2014).

Otros datos de interés relacionados con el tema en cuestión, se encuentran en la tesis “Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto” (Lievano.2017), en donde se presentan datos suministrados en torno a BIM por 40 profesionales de la arquitectura y la ingeniería que desarrollan proyectos en la ciudad de Bogotá arrojando los siguientes resultados:

- 47% de los encuestados no conoce la metodología BIM



-82.5 % desconoce compañías que hayan implementado BIM en Colombia.

-60% de los encuestados no manejan BIM

-74.3% prefieren utilizar software CAD sobre otras metodologías.

-Los problemas más comunes en obra dependen en un 45% del diseño y 42% de la coordinación de disciplinas.

-El valor que asignan a la comunicación que existe entre el área de diseño y la obra es de 5/10.

-El valor que asignan a la efectividad en los procesos en obra es de 7.5/10.

En Colombia, se viene implementado la metodología BIM por parte de empresas constructoras pioneras como Amarilo que cuenta con una gerencia BIM desde donde se coordinan más de 80 proyectos con la tendencia de "cero papel en obra" según lo informado por Luis Carlos Morales, gerente BIM Amarilo y socio fundador de BIM Fórum Colombia (Morales, comunicación personal, 13 de junio de 2019). BIM no es un proceso de un día, sino que comprende esfuerzo, inversión y compromiso. Estos son los pilares se están fortaleciendo para incorporar satisfactoriamente esta metodología en toda la compañía. Algunos de los problemas que aún están por resolver en la compañía son los relacionados con la interactividad en tiempo real por parte de los contratistas en obra, y la interoperabilidad de las diversas plataformas y aplicaciones. Los beneficios que espera la compañía en el ámbito de sus proyectos son: Reducción y errores de omisiones del 41%, reducción de reprocesos del 31%, reducción en costos de construcción 23%, reducción del cronograma en 19%, incremento de la seguridad en 7%, e incremento en los procesos colaborativos en 35%, según lo declarado por Mario Ciardelli, Gerente general de Amarilo (Construdata. Marzo 9 de 2018).

Otras constructoras que cuentan con avances significativos en el tema son: Construcciones planificadas, Bolívar, Concreto,,Colpatria, Prodesa, Triada y Arpro, todas ellas fundadoras y miembros activos de BIM FORUM Colombia, organización en donde se han venido articulado actores y gestión del conocimiento, en torno a la digitalización del sector de la construcción, para el incremento de la productividad en las empresas y de la competitividad de la actividad edificadora en Colombia (Cunningham.2020).

En línea con lo anterior, a nivel gremial BIM FORUM Colombia trabaja una metodología con propósitos comunes que generen un marco de regulación, lenguaje común y parámetros de referencia a partir de mediciones concretas, con el fin de implementar o cambiar las estrategias de negocio o tecnologías y crear sinergia entre lo público, lo privado y lo académico, tomando como modelo los desarrollos en la materia en países como Estados Unidos, Finlandia, Canadá, Australia, China, Singapur, y la Zona Euro (Cámara de Comercio de Medellín. Oct. 2018). Al respecto, el Reino Unido es uno de los países que más utiliza el BIM desde sus orígenes, afirmando que la adopción difundida del BIM hará ahorrar un 15-20% del coste de los proyectos. En Latinoamérica países como México, Chile y Brasil tiene el liderazgo en la generación de proyectos BIM, seguidos de Perú y Argentina (EUBim.2015)

BIM FÓRUM Colombia está liderado por la Cámara Colombiana de la Construcción CAMACOL, y desde allí se busca generar estándares que faciliten la implementación de BIM, a partir de divulgación permanente de buenas prácticas por medio de manuales, guías y documentos de libre acceso para la optimización del diseño, construcción y operación de proyectos de construcción.

Desde esta organización, se tiene como meta aumentar el nivel de acceso de BIM en la industria de la construcción hacia estándares



cercanos al 50% de usuarios regulares para el año 2020, así como aumentar el porcentaje de empresas que usan BIM en más del 80% de sus proyectos, del 16% al 30% (CAMACOL.2018). De forma paralela, se han generado gremios regionales como Aso BIM en el departamento de Antioquia en donde se adelantan investigaciones con iniciativas lideradas por la Universidad Colegio Mayor de Antioquia, el Cluster Hábitat Sostenibles, Empresas Públicas de Medellín, Empresa de Desarrollo Urbano-EDU, MicroCad, SENA, Obrasdé, IAC y Temiza, y la misma Cámara de Comercio de Medellín.

En el ámbito académico, la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca dio inicio en el año 2019 a la primera especialización en la materia, a nivel nacional y latinoamericano. Surge para dar respuesta a los nuevos retos a los que se enfrentan las profesiones afines a construcción (Constructores, arquitectos, ingenieros), quienes son los llamados a liderar la transformación organizacional para el desarrollo de proyectos de la edificación sostenibles a partir de la gestión, administración y coordinación eficiente de la información.

A la luz del panorama expuesto, es evidente que a nivel nacional, la metodología BIM ha sido utilizada por diversas firmas de consultoría en el ámbito del diseño, y se ha intentado descifrar cual podría ser el comportamiento real frente al desarrollo de la construcción, pero aun es incipiente el conocimiento que se tiene sobre el impacto real de la implementación de BIM en todo el desarrollo de la obra con tendencia al denominado "cero papel", lo que supondría una total coordinación diseño -obra. Es claro, que la adopción de BIM en el medio nacional se ha vinculado al diseño arquitectónico modelando en 3D bajo diversos software con la intención del trabajo colaborativo "BIM", sin embargo, el escenario ideal se presentará cuando se logre parametrizar y caracterizar el modelo de tal manera que se puedan simular procesos

constructivos, tiempos y costos integrando cada una de las disciplinas, para obtener información relevante que permita optimizar la toma de decisiones, sacando BIM de los departamentos de arquitectura y llevándolo a las distintas áreas de la ejecución de obra en medianas y pequeñas empresas de la construcción.

BIM Modelado de información para la construcción

El modelo de información de edificación, conocido actualmente como BIM tuvo sus inicios en la década de los 70, cuando Charles Eastman genero bases teóricas al respecto en el libro "The use of computers Instead of drawings in building design; según Oya Sala (2015), una década más tarde Jerry Laiserin fue el profesional que dio a conocer ampliamente el termino en el manual BIM. Por la misma época, en el contexto del diseño arquitectónico se estaba implementando el sistema CAD (Computer-aided design) en 2D dando un salto del dibujo en lápiz y papel al dibujo digital de planos y creación de imágenes en 3D, generando así la necesidad de dibujantes y delineantes que plasmarán en CAD los diseños arquitectónicos y de otras disciplinas con fines constructivos.

El salto hacia el cambio en los procesos de modelado se da a finales del siglo XX cuando nació el programa ArchiCAD y el consorcio IAI que asesora el desarrollo de aplicaciones integradas. Con el naciente siglo XXI, llegó REVIT en el año 2000 un software de diseño digital (Arquitectura, Estructura, MEP), que aportó el motor de cambios paramétricos con los que cada fase del proceso constructivo de un edificio se desglosa en subniveles de topografía, movimiento de tierras, cimentaciones, estructura, colocación de muros, instalaciones y acabados, entre otros; y se coordinan automáticamente los cambios realizados en cualquier lugar. Según Autodesk.2007:

En un modelador de construcción



paramétrico como Revit, el simple hecho de seleccionar y desplazar un muro en el plano de la primera planta hará que todos los elementos relacionados se ajusten automáticamente. La cubierta se moverá con el muro y mantendrá su relación con el alero, los demás muros exteriores se extenderán para permanecer unidos al muro desplazado, y así sucesivamente. Esta asociatividad es una característica definitoria de un verdadero modelador de información de edificios (p.3).

Existen otras herramientas de software que se adaptan a las necesidades requeridas en la gestión de la construcción, visualización 3D, gestión de cambios, simulación de procesos de construcción, gestión de datos asociados y gestión operativa, como ArchiCAD, AllPlan, Autodesk AutoCAD LT, Nemetscheck, Vectorworks; pero talvez el más útil en lo relacionado con timeliner 4D, y detección de colisiones rápidas es NavisWorks. Esta herramienta de Autodesk captura automáticamente cantidades de material de diseños 2D ó 3D y es compatible con más de 60 software de terceros. Según Ramos Casanova (2019), la dimensión 4D introduce el concepto de tiempo y permite comprender y controlar las dinámicas de la ejecución de un proyecto, efectuando análisis de programación y planificación. En esta etapa se puede vincular una línea de tiempo al modelo BIM, incorporando ese factor a cada actividad (ejemplo, tiempo de fraguado del concreto) y de esta forma visualizar el desarrollo del proyecto e incorporar este factor a cada actividad revisando las diferentes alternativas de diseño en busca de la mejor opción. De acuerdo a esto, la dimensión 4D es fundamento esencial para la dimensión 5D, gestión de costos, que permite mediciones automáticas de materiales en tiempo real y la generación del presupuesto.

La metodología BIM propone la evolución del modelo tradicional lineal a un modelo colaborativo

en cada etapa del proyecto desde el diseño, la construcción, y el mantenimiento, esenciales para alcanzar estándares de sostenibilidad y eficiencia energética en la arquitectura. En este sentido BIM permite el paso de los sistemas de diseño tradicionales en dos dimensiones a otras siete dimensiones en las que se pueden ir incorporando datos de geometría (3D), tiempo para el control de ejecución (4D), costos para el control de presupuestos (5D), bioclimática, con análisis del ciclo de vida de materiales y aspectos de zona (6D), y mantenimiento obsolescencia de materiales, redes y equipos (7D).

El concepto BIM ha evolucionado en la medida del uso y nuevas aplicaciones del mismo en el transcurso del tiempo, y en este sentido las diversas definiciones dan cuenta de la profundidad y conocimiento en relación con su desarrollo. BIM no es un software, es una tecnología que aborda el ciclo de vida de una edificación desde su concepto hasta su construcción, es la unión y la coordinación de todas las disciplinas y profesiones del sector de la construcción (González.2020). BIM es una metodología de trabajo colaborativo en donde todos los agentes participan y aportan en un modelo de diseño central en la nube, desde el inicio con accesos de acuerdo a los roles preestablecidos con los debidos protocolos de seguridad, dando alcance a las siete dimensiones hasta ahora establecidas. En este proceso evolutivo hacia el proyecto final, no siempre se debe modelar con el mismo nivel de definición, aquí se hace referencia a los LODS niveles de desarrollo que van enriqueciendo el modelo hasta el nivel de detalles constructivos que pueden ir soportados en las bases de datos o bibliotecas preestablecidas por los proveedores de insumos para la construcción.

El BIM, como metodología de diseño paramétrico desarrollado a partir de la simulación en un modelo tridimensional, aparte de generar la visualización geométrica real de cada uno de los



elementos que conforman el proyecto, permite ligar a los mismos información descriptiva alfanumérica la cual se actualiza en tiempo real conforme a los cambios que vaya presentado el modelo tridimensional en mención. Con la aplicación de metodologías BIM, partiendo del diseño tridimensional del proyecto y la simulación de procesos constructivos, constituidos en una gran plataforma de información, ha sido posible llevar a cabo la concepción y el desarrollo de proyectos de construcción a un nivel superior. El empleo de herramientas digitales con plataforma BIM presentan un sin número de ventajas y oportunidades para la optimización y calidad de los procesos, sin embargo, el uso de software BIM y no BIM por sí solos no garantizan la coordinación entre los componentes técnicos del proyecto, donde es necesario el desarrollo y la implementación de metodologías que aborden aspectos de gestión e integración de la información de diseño.

La metodología BIM busca fortalecer específicamente la coordinación de proyectos de la edificación con el uso de nuevas tecnologías de modelado, que permiten la visualización de un proyecto de manera coordinada de principio a fin, hasta la resolución de los detalles constructivos, permitiendo incorporar las modificaciones que se presentan en los procesos constructivos de forma inmediata y en tiempo real, optimizando el desarrollo del proyecto. La metodología BIM es coherente con la naturaleza de su campo de conocimiento y dentro de los parámetros académicos nacionales e internacionales, en correspondencia con lo requerido en el dibujo de proyectos de Arquitectura e Ingeniería mediante el manejo de herramientas informáticas que permiten simular procesos y visualizar el proyecto antes y durante el proceso de su construcción. Mediante el dibujo parametrizado, se gestiona el dibujo y se coordinan los proyectos, en donde se articulan el modelado

arquitectónico, estructural y de instalaciones en el desarrollo de la edificación.

Ante la creciente demanda del sector productivo en el campo de la representación en las áreas de la Arquitectura y la Ingeniería Estructural, BIM responde de forma adecuada a la generación no sólo en el campo de la vivienda, sino también en proyectos de infraestructura y otros de carácter institucional, educativo y de servicios, buscando optimizar tiempos en las ejecuciones en obra minimizando los posibles retrocesos durante los procesos constructivos. La metodología BIM (Building Information Modeling) para el desarrollo de proyectos de la edificación desde su planificación y gestión se constituye en un punto fundamental para el desarrollo del mismo. Los procesos de diseño y construcción en la actualidad presentan deficiencias en el intercambio de información en las diferentes disciplinas que interfieren con el proyecto, dando lugar a la generación de errores e inconsistencias que solo son visibles en obra.

172

De otra parte, el atraso en relación con la implementación de nuevas tecnologías de coordinación en el proceso de diseño, la implementación de procesos cada vez más especializados y complejos, las exigencias y estándares de calidad demandados y el cumplimiento de la normatividad, hacen del proyecto un complejo sistema de gestión de información, donde todas las partes deben estar en completa interacción y relación entre sí. Por lo tanto, estas partes no pueden verse como un componente aislado del sistema, todo lo contrario, tienen que involucrarse y retroalimentar el proyecto en todo momento.

Conceptos como la información en la nube permiten la conformación de una base de datos en la internet para la administración e intercambio de información entre varios PCs y dispositivos de datos móviles; esto ha revolucionado la gestión y el intercambio de información, donde lugar y



tiempo no son limitantes, con una interacción constante entre usuarios e información desde cualquier lugar del mundo y en tiempo real. Más allá de la planimetría y documentación técnica, lo que busca BIM es la coordinación entre las diferentes especialidades del gremio (Arquitecto, estructural, hidrosanitario, eléctrico, redes especiales, bioclimático), a través de la visualización, control y consolidación del diseño. Por ello el uso de herramientas de modelado tridimensional es importante no solo para la visualización del proyecto sino también para la simulación de procesos, que permitan detectar posibles errores o conflictos que puedan repercutir negativamente en las fases de ejecución de obra y puesta en funcionamiento del mismo.

La parametrización de los componentes técnicos que conforman un proyecto de la edificación permite consolidar una base de datos dinámica, utilizada por las diferentes profesiones y áreas relacionadas con el proyecto. La caracterización de herramientas digitales y medios virtuales son necesarios para el intercambio de la información, bajo un mismo lenguaje y por canales de comunicación adecuados para cada una de las respectivas disciplinas que constituyen el proyecto. Los modelos de simulación como componente básico y esencial para la generación de información del proyecto se constituyen en el escenario ideal para abordar de manera integral el diseño de la edificación. El uso de referencias externas implementadas en programas afines, permite dividir el trabajo entre los diferentes profesionales (arquitecto, estructural, eléctrico, hidráulico, otros) relacionados con el modelo, al igual que la actualización en tiempo real del diseño, eliminando la sobreposición y cruce de planos, como sucede actualmente. El diseño directo sobre el modelo de simulación permite una visualización más completa del proyecto, abriendo posibilidades para el desarrollo de estudios detallados del mismo a través del análisis y la simulación de múltiples factores,

ya sean físicos, ambientales, usos y otros, los cuales repercuten directamente en el ciclo de vida de la edificación.

El desarrollo y la ejecución de una metodología para la coordinación técnica del diseño en proyectos buscan mejorar la interacción entre los diferentes sistemas técnicos que lo componen, reduciendo al mínimo los posibles errores que este pueda presentar en su construcción y puesta en funcionamiento. La aplicación de herramientas digitales permite vincular e intercambiar la información entrante y saliente del proyecto de construcción de manera más eficiente y compartida entre los diferentes profesionales del proyecto. Con la introducción de sistemas de gestión de la información del proyecto clasificada y parametrizada del diseño, se logran decisiones más acertadas respecto a los procedimientos a desarrollar durante la fase de ejecución en obra. En este sentido, la concepción del diseño desde el modelado tridimensional permite una visualización integral del proyecto apoyado en el estudio detallado de las diferentes conexiones generadas entre los subsistemas técnicos del mismo, y se incrementa el trabajo productivo de diseño, reduciendo porcentajes de trabajo contributivo relacionados con cruce y verificación de conflictos, así como la reelaboración de planos durante la fase de ejecución.

Otras fuentes consultadas respecto al concepto BIM resaltan la ventaja que ofrece BIM por tratarse de una metodología colaborativa en un espacio virtual. Por una parte, esta tecnología permite generar y gestionar información mediante modelos multidimensionales del proyecto; por otra, permite compartir la información de manera estructurada entre todos los actores involucrados (arquitectos, ingenieros, constructores y otros actores técnicos), fomentando el trabajo colaborativo e interdisciplinario, agregando así valor a los procesos de la industria de la construcción



(Construdata. 2018). Por medio de este software, se gestiona el ciclo completo de vida del edificio desde su fase de diseño hasta su operación y puesta en marcha. La mayor ventaja radica en que sobre un mismo modelo, los profesionales del equipo de trabajo pueden introducir modificaciones que automáticamente son vinculados a todos aquellos elementos que afecta, quedando disponibles en tiempo real para todos los interesados.

El desarrollo de la informática en el sector de la construcción, en el contexto global, ha modificado la forma de trabajar requiriendo: más velocidad en la producción de los documentos, exactitud en cada fase de la pre-producción, producción y post-producción, ajuste constante de la información a los cambios requeridos por el proceso, y coordinación de la información que simultáneamente producen todos los equipos de profesionales. En respuesta a estas necesidades, la metodología BIM otorga diversos beneficios, entre otros: optimizar la planeación, identificar los riesgos y evaluar los proyectos en etapas tempranas; mejorar el diseño, mejorar la comunicación, agilizar la toma de decisiones, y optimizar la construcción agregando valor y facilitando un control efectivo de la ejecución de obra. El BIM permite el análisis de la coordinación técnica del proyecto, de sus componentes y subsistemas a un bajo costo, anticipando y simulando la realidad antes de ser construido (UNAL.2018), de manera que el nivel de incertidumbre se reduce y permite al mismo tiempo formar al personal que interviene en el proyecto constructivo, mejorando la gestión de la calidad.

INTEROPERABILIDAD BIM

Los proyectos en el sector de la construcción cuentan con diversas fases, entre ellas licitación, construcción, entrega y explotación de un proyecto, inmersas en la propuesta de estructuración de la información y planificación;

sin embargo, las interfases se ven alteradas con la aplicación de la metodología BIM, por pasar de un modelo lineal con fases sucesivas, a un modelo lineal con fases concurrentes o parcialmente simultáneas (EroBIM.2015). Se requiere entonces un cambio de paradigma, migrando de la visión tradicional a una visión más global y acorde con los cambios que introduce la metodología BIM, lo cual implica un alto nivel de interoperabilidad para garantizar la efectividad y eficiencia de los procesos.

La interoperabilidad es un vocablo que ha tomado fuerza en el siglo XXI por la incursión en aumento exponencial de los entornos digitales a nivel interdisciplinar e interinstitucional. Pallás, Roig & Vidoni (2015) definen la interoperabilidad como “la capacidad que tienen las organizaciones dispares y diversas para intercambiar, transferir y utilizar, de manera uniforme y eficiente datos, información y documentos por medios electrónicos, entre sus sistemas de información”; según estos autores se pueden distinguir como mínimo tres niveles de interoperabilidad:

- Interoperabilidad técnica: conexión de los sistemas mediante acuerdos sobre las normas y estándares para la presentación, recogida, intercambio, transformación y transferencia de datos.
- Interoperabilidad semántica: garantizar que los datos transferidos comparten el mismo significado para los sistemas vinculados.
- Interoperabilidad organizativa: la organización de los procesos de negocio y de estructuras organizativas internas para un mejor intercambio de datos.

A la luz de los niveles descritos, un proceso constructivo requiere que el flujo de la información sea eficiente, tanto entre los involucrados en cada una de las etapas, como a través de las fases sucesivas del proyecto, de



manera que se garanticen la transferencia y compartimiento de la información necesaria en el momento adecuado para poder desarrollar las distintas actividades a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura. Los tres factores básicos para conseguir el éxito en este flujo de información se presentan en el Libro Blanco de IFD Library (Biblioteca del Marco Internacional para Diccionario):

- Fijar el formato de la información a intercambiar (IFC).
- Estandarizar el significado actual de la información a intercambiar (IFD).
- Especificar qué información debe intercambiarse y cuándo debe hacerse (IDM)

En este sentido, el Libro Blanco IFD Library manifiesta:

“En la industria de la construcción, proveedores de materiales, escritores de especificaciones, ingenieros de costos y muchos otros reconocen los formatos, la terminología y los conceptos incluidos en el sistema de clasificación de OmniClass. Como resultado, estas tablas ya se están utilizando en muchos casos para almacenar, recuperar y analizar información de instalaciones y materiales. Se anticipa que el uso de todas las tablas de OmniClass crezca con la demanda de acceso estructurado e informes basados en información BIM. Ser un marco para diccionarios y ontologías”.

No cabe duda que el software más utilizado actualmente para la coordinación BIM es REVIT, por lo cual se hace referencia en este apartado a dicho software y a las ventajas que presenta para el tema de interoperatividad:

En Revit, el proyecto es la base de datos única con información sobre el diseño: el modelo de información de construcción. El archivo del proyecto contiene toda la

información para el diseño de construcción, desde la geometría hasta los datos de construcción. Esta información incluye componentes que se utilizan para diseñar el modelo, las vistas del proyecto y los dibujos del diseño. Al utilizar un solo archivo de proyecto, REVIT facilita las alteraciones del diseño y permite reflejar los cambios en todas las áreas asociadas (vistas de plano, de alzado y en sección, tablas de planificación, etc.). El seguimiento de un solo archivo también facilita la gestión del proyecto (Autodesk.2014).

Dentro del proyecto se manejan términos de REVIT que son comunes en el gremio de la construcción con los que se deben familiarizar los involucrados en la metodología BIM, siguiendo el orden jerárquico: nivel, elemento, categoría, familia, tipo. Los niveles son los planos horizontales infinitos referenciados que contienen elementos como suelos, techos y cubiertas. Los niveles se crean para cada planta conocida u otra referencia necesaria de la construcción como cimentación, sótano, piso tipo, cubierta. Los niveles dan la posibilidad de definir una altura o planta vertical dentro de un edificio. Los elementos se agregan al crear un proyecto; dichos elementos de construcción paramétricos se clasifican por categorías, familias y tipos. Una categoría es un grupo de elementos que se utilizan para modelar o documentar un diseño de construcción; por ejemplo, las categorías de elementos de modelo incluyen muros y vigas. Las categorías de elementos de anotación incluyen etiquetas y notas de texto. Las familias son agrupaciones de elementos de una categoría con parámetros y usos comunes, y representación gráfica similar. Los distintos elementos de una familia pueden tener diferentes valores en algunas o todas sus propiedades, pero tienen el mismo conjunto de propiedades (sus nombres y significados).



Por ejemplo, las columnas de sección circular de una estructura podrían considerarse una familia, aunque existan diversos tipos que tengan diferente medida.

Los aspectos anteriores, una vez implementados en los modelos BIM aportan niveles de desarrollo LOD (Level of development) que corresponden al nivel de detalle del modelo y de los objetos que contiene, en relación con la visualización y la información que proporciona. Building Smart (2014.p.8) clasifica dichos niveles en LOD 100,200,300,400 Y 500:

LOD100 – Se utiliza en las fases iniciales como estudios previos y anteproyecto, el alcance se limita a la volumetría exterior básica.

LOD200. En este nivel se definen la volumetría exterior e interior de la edificación y sus usos. También puede contar con parámetros urbanísticos, superficies útiles y construidas. Las dimensiones arquitectónicas suelen ser aproximadas.

LOD300 – Nivel de desarrollo en la que la información arquitectónica queda totalmente definida, por lo cual pueden obtenerse mediciones precisas.

LOD400 – Adicional al proyecto arquitectónico, se suma la información del proyecto estructural, hidrosanitario, eléctrico y redes en general. Incorpora información adicional de materiales, coordinación y similares. Este nivel corresponde al proyecto de ejecución de obra. Todo el proyecto queda definido, por tanto, este nivel es apto para generar cantidades de obra, y cotizaciones de aparatos para obra blanca.

LOD500 – corresponda al nivel que se obtiene una vez construida la edificación, incluye todos los cambios y modificaciones a manera de planos récord. Útil para puesta en marcha y procesos de mantenimiento.

REALIDAD AUMENTADA

De acuerdo a López & Llinares (2015), “la combinación de herramientas BIM que trabajan nativamente con modelos 3D con game engines son capaces de generar entornos inmersivos e interactivos navegables en tiempo real”, dando paso a un abanico de opciones para diversas aplicaciones en el campo de la arquitectura y la construcción. En este sentido, los entornos de Realidad Virtual han venido sustituyendo los renders infográficos, tal como sucedió en su momento con las perspectivas digitales, debido a las amplias y novedosas posibilidades que ofrecen. En este contexto, la superposición de información BIM durante la ejecución de obra abre diversos campos de aplicación tales como: el análisis de interferencia entre elementos in-situ, replanteos y visualización de secuencias de construcción, control del progreso de las obras o información sobre los elementos instalados para su mantenimiento. Con la información BIM in-situ y el uso de dispositivos móviles se puede obtener adicionalmente ayuda en la simulación y evaluación de riesgos laborales, accesibilidad, situaciones de emergencia o incendio en los edificios, ayuda en el proceso de construcción, el mantenimiento del edificio y el aprendizaje y entrenamiento en el uso de instalaciones, lo cual da valor agregado a este tipo de herramientas virtuales durante el desarrollo de la obra.

GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Las empresas constructoras trabajan basadas en una red de contratistas que desempeñan actividades específicas en la cadena de valor de la edificación, y que no pueden estar inconexas a los requerimientos que implica BIM en obra. Para ello, los pioneros en desarrollos BIM implementaron dentro de la organización un cargo a nivel gerencial que entiende y maneja los procesos y los usos BIM, desde donde se desprenden los indicadores que permiten medir el funcionamiento de BIM y sus resultados. Es



evidente que no ya se puede dejar en manos de externos el éxito de la aplicación, ya que es desde allí donde se establecen los requerimientos de los usos BIM para los contratistas, y las necesidades específicas para un proyecto.

La incorporación de los contratistas debe ser un proceso gradual con objetivos puntuales a corto mediano y largo plazo, iniciando con el momento cero desde cuando se trabajará solo mediante la metodología BIM en cada fase y proceso. Durante la transición, la constructora necesita asumir todos los requerimientos del software para BIM en cada una de las áreas involucradas, ya sea con personal propio o a cargo de contratistas externos, en cuyo caso se debe facilitar la vinculación al proceso por medio de reuniones semanales que permitan actualizar los avances en el desarrollo del proyecto desde sus inicios, emitir decisiones anticipadas y proyectar un plan de capacitación específica para cada área. Los costos iniciales del software para BIM corresponden a un bajo porcentaje del costo total, que se incrementará en la medida que se implementen las capacitaciones para el aprendizaje y uso adecuado por parte del personal de obra, en los niveles y profundidad coherentes con su rol dentro del proceso. Adicional a todo lo anterior, la adopción de esta metodología requiere en las empresas constructoras un cambio de mentalidad, superar en equipo el miedo al cambio, modernizar la infraestructura informática, y generar en sus colaboradores nuevas competencias innovadoras de cara a los desarrollos tecnológicos actuales.

De otra parte, los cambios durante el proceso de construcción son recurrentes, y generan aumento de tiempo y costos por las modificaciones y retrocesos. Bajo la metodología BIM estos cambios se actualizan reduciendo el número de errores y modificaciones dando cumplimiento al principal objetivo del uso BIM como principal aliado en la óptima planificación durante la fase de construcción. Según Osca (2017), esta parte

del BIM es la denominada BIM 4D, la cual integra el tiempo en el proceso. Esta cuarta dimensión del modelo trabaja "optimizando la cadena de suministro, los plazos, y las operaciones de la obra, colocando todos estos datos en un modelado 3D visualmente entendible". Generalmente la planificación en 4D se presenta dividida en fases de construcción y ajustada a un calendario, que a su vez se dividirá en construcción de instalaciones y de estructura. Las diferentes fases se deben esquematizar por colores asociados a cada fase desde el modelo de acuerdo al proceso constructivo. De acuerdo a Salinas & Ulloa (2014):

El éxito de la implementación de BIM radica en el enriquecimiento del modelo por parte de los involucrados. Por ello, es necesario que exista un responsable (BIM manager) quien tendrá como funciones principales organizar el equipo de modeladores BIM; recopilar e identificar las interferencias e incompatibilidades detectadas por los modeladores; agendar y convocar a los involucrados a las sesiones de trabajo; y establecer los plazos para el cumplimiento (p.243).

A la luz de lo descrito, queda claro que BIM en la construcción no es solamente la implementación de las tecnologías de modelos dinámicos en los procesos con fines específicos. Se trata de una metodología que tiene como base los procesos incorporados en el Project Management, y en consecuencia, la aplicación de los proyectos asociados a las áreas del conocimiento, en especial al grupo de proceso de monitoreo y control de las áreas que gestionan la integración del proyecto, el alcance del proyecto, tiempo del proyecto y costes del proyecto. En este sentido los procesos de la guía del PMBook son coincidentes con el desarrollo de la metodología BIM y su alcance desde los niveles que la gestionan. Según Álvarez & Bouzas (2014), todos los conceptos extraídos de la Guía del PMBook

5ta. edición son los conceptos que se aplican en la metodología BIM; procesos de Monitorización y Control desarrollados por el BIM Manager y la BIM Management Office, procesos de Ejecución basados en las diferentes herramientas que existen en el mercado, buscando aquella que pueda encajar mejor en el entorno del cliente, y acompañamiento del edificio a lo largo de todo su Ciclo de Vida con BIM incluido el FM para la fase operativa contemplando siempre los Factores Ambientales.

IDM MANUAL DE ENTREGA DE INFORMACIÓN

Tal como se mencionó en el tema introductorio, a nivel Latinoamericano el país que lidera la implementación en proyectos a partir de BIM es Chile, en donde ya se han generado normas que orientadas a unificar lenguajes, roles, métodos, procesos, plazos y protocolos para el manejo de la información por parte de cada uno de los actores inmersos en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto. Esta gestión de la información se lleva a cabo durante las denominadas fase de desarrollo y fase de operación, en donde intervienen la parte contratada y la parte contratante desde cada uno de sus roles como propietario, promotor, diseñador, calculista, constructor, y equipo de mantenimiento (ISO 19650.2019.p.8). De esta

forma, la fase de desarrollo es la etapa del ciclo de vida que comprende el diseño y la ejecución de la obra, hasta su entrega al propietario. La fase de operación es la etapa del ciclo de vida de la edificación puesta en uso, e incluye su mantenimiento.

El intercambio de información y la recolección de la misma son claves para la correcta implementación de la metodología BIM, razón por la cual se debe organizar a la luz del denominado Manual de entrega de información (Information Delivery Manual IDM). El IDM "Tiene la finalidad de dar una metodología para entender y especificar los procesos y el flujo de información durante el ciclo de vida de una edificación" (Manrique.2017). Chile, como miembro de la International Organization For standardization (ISO) y de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT) junto con el Instituto Nacional de Normalización INN de Chile, generaron la Versión en español de la norma para el Modelo de información de construcción, Manual de entrega de información parte 1: metodología y formato (Comité prNCh-ISO 29481/1). Este modelo se desarrolla en cuatro etapas que inician en el preciclo de vida, continúan en preconstrucción, construcción, y concluye en la post construcción.



Fig. 1. Etapas del Manual de entrega de información (IDM Information Delivery Manual). Elaboración propia a partir la ISO 29481- 1:2010 (Manriquez, Sebastian, 2017)

MAPA DE PROCESOS POR MODELO DE NOTACIÓN

El modelo y notación de procesos de negocio (Business Process Model and Notation BPMN), es una forma de notación gráfica estandarizada que permite el modelado de procesos de negocio, en un formato de flujo de trabajo a manera de algoritmo. BPMN fue desarrollada por la organización Business Process Management Initiative (BPMI) (Abdelhady, 2015, pág. 509), y ha sido adoptada por la metodología BIM para generar los mapas de procesos que interrelacionan elementos de entrada y salida integrando información obtenida del IDM y diagramada en un mapa de proceso MEP. El enfoque BPMN es uno de los más lenguajes más utilizados por organizaciones en la industria de la construcción para representar el flujo de información, con sus interdependencias de roles y secuencias de actividades, generando de esta forma un lenguaje gráfico unificado para la ejecución de procesos (Abdelhady, 2015, pág. 510). En el mapa de procesos se genera un Entorno compartido de datos (CDE) que se divide en tres grandes áreas: información de referencia proceso, información de salida.

RESULTADOS

Estudio de caso Edificio en la ciudad de Bogotá

Se realizó el seguimiento en la implementación de las metodologías BIM en un estudio de caso de un proyecto constructivo de baja complejidad en la ciudad de Bogotá con una empresa que requiere el mejoramiento en los flujos de trabajo actual en busca de óptimos resultados en tiempos y flujos de caja durante la ejecución de sus futuras obras. El acercamiento al estudio de caso inicio con una entrevista abierta en donde se realizaron preguntas relacionadas con la incorporación de la sostenibilidad en el desarrollo de los proyectos, y la implementación de metodologías innovadoras para el control y la ejecución de la obra. A partir de esta entrevista

se plantea el esbozo del mapa de procesos que posteriormente se retroalimenta con el IDM (Manual de entrega de información) y se grafica con el mapa de procesos por el modelo de notación MEP.

El proyecto objeto de estudio se encuentra ubicado en la ciudad de Bogotá, en un predio esquinero con vecindades de dos y tres pisos al costado norte y oriente, y vías al sur y al occidente. La construcción se desarrolla en un lote de área 112 m² en predio antes ocupado por una edificación de carácter domestico que fue demolida para el desarrollo del proyecto. En cuanto a las características geométricas, se trata de un edificio de planta rectangular cuatro pisos y altillo con uso para comercio en el primer nivel, y uso de vivienda en los pisos restantes. Cuenta con un aislamiento de 9 m² en el vértice nororiental, y la fachada en primer piso esta retrocedida.



Fig.2. Localización proyecto. Fuente: Constructores

El Edificio tiene un sistema estructural con pórticos con luces máximas de 5.70 mts entre columnas y altura libre de 2.90 mts. Las placas de entrepiso son aligeradas con un espesor de 0.40 mts. La cubierta a dos aguas está soportada en una estructura metálica de bajo peso. En cuanto a la cimentación, según el estudio de suelos la capacidad portante del terreno y las condiciones

de nivel freático se recomendó un sistema de cimentación profunda placa de cimentación sobre pilotes preexcavados fundidos in situ, trabajando a carga última por fricción.

PROCESO CONSTRUCTIVO.

Luego de la demolición de la antigua edificación en el predio objeto de la construcción, se evidencian los primeros detalles que no se previeron en las etapas de preciclo de vida y pre-construcción, y generaron retrocesos y modificaciones al cronograma inicial:

El muro oriental de la antigua casa era compartido con la casa vecina, por lo cual el proceso de demolición fue demorado, y requirió cuidados especiales para evitar daños en la casa vecina. Igualmente requirió realizar parches de mampostería en vanos de la otra edificación.



Fig. 3. Proceso de demolición de antigua edificación. Fuente Juan Gabriel Bonilla.2020

La implantación del edificio de forma rectangular dejó una cuña con la vecindad del límite oriental, lo cual generó modificación de diseño a nivel de cubierta para evitar la infiltración del agua en la junta. De otra parte, en el proceso de excavación se detectó una tubería de diámetro 4" de aguas lluvias que atravesaba el predio de norte a sur, perteneciente a la red de desagües de la casa vecina del costado norte. Esto se convirtió en un inconveniente para el armado de vigas de cimentación ya que se debió reubicar llegando a acuerdos con la vecindad.



Fig.4. Evidencia de redes que quedan expuestas en el proceso de excavación. Fuente Juan Gabriel Bonilla.2020

Al realizar la excavación se presentó un nivel freático diferente al estimado en el estudio de suelos, muy cerca de la superficie, generando inundación permanente que llevó a instalar métodos de bombeo permanente de agua durante todo el proceso de cimentación.



Fig. 5. Alto nivel freático sumado al régimen de lluvia por época invernal que provocó demoras en el proceso de cimentación. Fuente Juan Gabriel Bonilla.2020

El nivel freático hallado cerca de superficie llevó a determinar modificaciones en el diseño original de la cimentación, generando retrasos en el capítulo respectivo de obra. El proceso de excavación para los pilotes se realizó por

métodos manuales debido a la restricción de movimiento para una piloteadora dentro de la zona de la obra.



Fig.6. Proceso de pilotaje por métodos manuales debido a la restricción de espacio en la obra Fuente Juan Gabriel Bonilla.2020

El nivel freático identificado generó también la construcción de un pozo eyector que modificó la distribución de algunas de las vigas de cimentación del diseño original.



Fig. 7. Pozo eyector que no se tenía contemplado en el diseño inicial. Fuente Juan Gabriel Bonilla.2020



Fig.8. Interferencia de un árbol en el proceso estructural. Fuente Juan Gabriel Bonilla.2020

El proceso de la estructura se desarrolló de forma normal hasta llegar al **último** nivel en donde se detuvo el proceso debido a las ramas de un gran árbol que se interfirieron con las vigas de borde sobre el costado sur del edificio. Adicionalmente, a este nivel se encontraron cables de alta tensión que pasaban muy cerca del borde de viga, representando peligro para los trabajadores. La obra se detuvo por un término de dos meses, tiempo requerido para acordar con la empresa de servicios públicos encargada de reubicar los cables. De otra parte, se reiteró la solicitud ante las autoridades ambientales para obtener el



permiso de tala de las ramas que interferían con la construcción. Luego de algunas semanas de atraso, las empresas públicas dieron solución al inconveniente presentado, y se retomaron las actividades de obra. De esta forma se dio por terminada la estructura del edificio, y se acometió el proceso de mampostería, pisos, cubiertas, instalaciones y acabados.

A la luz del proceso constructivo descrito, se evidencian aspectos que bajo la coordinación metodología BIM hubiesen sido resueltos en etapas tempranas para evitar retrocesos y sobre costos.

ASPECTOS DEL PERSONAL DE OBRA

Respecto a los roles encontrados en el personal de obra se identifican dos grupos, el primero corresponde a los profesionales con rol administrativo, y el segundo grupo corresponde a las cuadrillas de trabajadores que ejecutan diversas tareas, ya sea por subcontrato o por vinculación directa con la constructora.

De una parte, las actividades para cada subcontrato estuvieron a cargo de cuadrillas que funcionan bajo el mismo esquema planteado en gran porcentaje de obras similares, descrito claramente en Construdata (2020.P. 44). En este aspecto, respecto a la metodología BIM se observó oposición al cambio de planos impresos al modelo digital, desconocimiento de las herramientas básicas de visualización, y falta de dispositivos electrónicos portátiles que motivaran el aprendizaje y el uso de los mismos.

Cuadrilla de Albañilería: Conformada por oficial y ayudante, este equipo ejecuta las tareas más comunes en obra entre las que se incluyen excavación, rellenos, demoliciones, cimentación, formaletería, estructuras en concreto, mampostería, enchapes, cubiertas, fachadas y pisos.

Cuadrilla de instalaciones: Conformada por un oficial y un ayudante, ejecutan las obras especializadas en redes de gas, hidráulicas, sanitarias e instalación de aparatos.

Cuadrilla de Pintura: Conformada por un oficial, un estucador y un ayudante, ejecutan las actividades de pintura interior y exterior, en las que se incluye la preparación de superficies, resanes, filos, remates y acabado final.

Cuadrilla de Madera: Compuesta por carpintero y ayudante, ejecuta las tareas de elaboración e instalación de carpintería en madera como closets, muebles fijos, puertas, ventanas, escaleras, barandas, etc.

Cuadrilla de Cableado estructurado: Conformada por dos oficiales con conocimiento en la instalación y configuración de sistemas de automatización, domótica y nuevas tecnologías.

Cuadrilla de Eléctricas: Conformada por un encargado de obra, un oficial y un ayudante, que ejecutan las labores de instalación de ductos y tuberías alambrado y montaje de aparatos y equipos.

Cuadrilla de Topografía: Conformada por un topógrafo, un cadenero y un auxiliar de topografía, que ejecutan labores de levantamiento topográfico, replanteo, localización, ubicación de ejes, verificación de medidas y georreferenciación para las diversas actividades que lo requieran.

De otra parte, el equipo administrativo estuvo compuesto por un director de obra y un residente de obra que cuentan con conocimientos en programas de visualización para BIM, pero que no poseen la experticia en la integración de especialidades bajo esta metodología especialmente para la integración con los flujos de caja del proyecto. Este aspecto sumado a la oposición al cambio por parte de los contratistas por suponer sobre costos en el



proceso, no permitió la implementación de BIM en la fase de construcción.

IDM MANUAL DE ENTREGA DE INFORMACIÓN- APLICADO AL ESTUDIO DE CASO

La aplicación del Manual de entrega de información IDM al estudio de caso, se aplicó siguiendo el modelo planteado en la ISO 29481- 1:2010 (Manríquez, Sebastián, 2017). Indagando y recolectando información de cada etapa del ciclo de

vida de la construcción. Dicha información fue suministrada por cada uno de los actores que intervinieron desde sus roles como propietario, promotor, diseñador, calculista, y contratistas de construcción. Una vez completado el Manual de entrega de información IDM en cada una de sus etapas, se generó el Mapa de procesos MEP para la realidad del estudio de caso, siendo el MEP la base para el replanteamiento de acciones orientadas a mejorar los procesos de adaptación a la metodología BIM.

SERVICIOS	ETAPA PRECICLO DE VIDA EDIFICIO EN LA CIUDAD DE BOGOTA		
	RESUMEN DE NECESIDADES		
	DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDADES	ESQUEMA DE VIABILIDAD	VIABILIDAD FACTIBLE
NECESIDADES DEL CLIENTE	Reuniones previas con el cliente para conocer los requerimientos del diseño		
		Se realizo la propuesta y se retroalimentó con el cliente. Para verificar el cumplimiento de necesidades	
			El cliente evaluó y dio su visto bueno para continuar con el diseño
NORMATIVIDAD		El diseñador verificó normas de diseño	
MODELADO	Condiciones existentes de construcción/ entorno para diseñar Arquitectura en REVIT y redes en autocad.		



ANÁLISIS DE DESEMPEÑO		-Diseño arquitectónico bajo metodología BIM	
		-Diseño de redes de energía eléctrica con AUTOCAD	
		-Diseño de sistemas mecánicos y/o de aire acondicionado, no existen	
		-Diseño estructural con AUTOCAD	
		Levantamiento topografico metodo tradicional.	
		-No se realizó Análisis de desempeño energético	
		-No se realizó Análisis del desempeño de los sistemas mecánicos y/o aire condicionado	
		- No se realizó Análisis de desempeño estructural	
		- No se realizó Análisis de desempeño eléctrico	
		- No se realizó Análisis de desempeño de luz natural	
		- No se realizó Análisis de desempeño de salida	
		- No se realizó Análisis de evacuación	
	-No se realizó Análisis de ciclo de vida		
			No se realizó Análisis de seguridad
Costos		-Listado de cantidades de obra	
		-Costos y presupuesto con programa GANNTER	
Coordinación		-Control de desempeño del diseño con el arquitecto	
Presentación		-Visualización del diseño en REVIT	

Fig.9. Etapa Preciclo de vida. Elaboración propia 2020, a partir la ISO 29481- 1:2010 (Manrriquez, Sebastián, 2017).



SERVICIOS	ETAPAS DE PRE- CONSTRUCCIÓN. EDIFICIO EN LA CIUDAD DE BOGOTA		
	DISEÑO		
	ANTEPROYECTO	PROYECTO	PROYECTO COORDINADO
NECESIDADES DEL CLIENTE	Comparación de la propuesta con el resumen de necesidades. OK	Comparación de la propuesta con el resumen de necesidades. OK.	Comparación de la propuesta con el resumen de necesidades. OK
			Evaluación del cliente. OK.
NORMATIVIDAD	Verificación de cumplimiento de la norma en aspectos arquitectónicos.	Verificación de cumplimiento de la norma en aspectos arquitectónicos.	
MODELADO	Diseño arquitectónico bajo software REVIT	Diseño arquitectónico bajo software REVIT	Diseño arquitectónico bajo software REVIT
	Diseño de redes de energía eléctrica con software AUTOCAD	Diseño de redes de energía eléctrica con software AUTOCAD	Diseño de redes de energía eléctrica con software AUTOCAD
	Diseño de sistemas mecánicos y/o de aire acondicionado bajo metodología BIM, NO existe.	Diseño de sistemas mecánicos y/o de aire acondicionado bajo metodología BIM, NO existe.	Diseño de sistemas mecánicos y/o de aire acondicionado bajo metodología BIM, NO existe.
	Diseño estructural con software AUTOCAD	Diseño estructural con software AUTOCAD	Diseño estructural con software AUTOCAD
ANÁLISIS DE DESEMPEÑO	Análisis de desempeño energético. NO existe	Análisis de desempeño energético. NO existe	
	Análisis de desempeño de sistemas mecánicos y/o de aire acondicionado. No existe.	Análisis de desempeño de sistemas mecánicos y/o de aire acondicionado. No existe.	
	Análisis de desempeño estructural. No existe.	Análisis de desempeño estructural. No existe.	
	Análisis de desempeño eléctrico. No existe	Análisis de desempeño eléctrico. No existe	
	Análisis de accesibilidad. No existe	Análisis de accesibilidad. No existe	
	Análisis de la simulación acústica. No existe	Análisis de la simulación acústica. No existe	
	Análisis de desempeño de luz natural	Análisis de desempeño de luz natural	
	Análisis de evacuación. No existe	Análisis de evacuación. No existe	
	Análisis del ciclo de vida. No existe	Análisis del ciclo de vida. No existe	
	Inclusión de sistema contra incendio. No existe	No se requiere por la altura de la obra.	
	Análisis de seguridad. No existe	Análisis de seguridad. No existe	



COSTOS	Listado de cantidades de obra	Listado de cantidades de obra	Listado de cantidades de obra con programa GANNTER para análisis flujos de caja
	Costos y presupuesto	Costos y presupuesto	Costos y presupuesto. con programa GANNTER para análisis flujos de caja
DOCUMENTACIÓN	Construcción de manual de mantenimiento. No existe.		Traspaso de modelo BIM al contratista. Únicamente el proyecto arquitectónico e hidrosanitario
COORDINACIÓN	Control de consistencia	Control de consistencia	Control de consistencia
PRESENTACIÓN	Visualización del modelo, para arquitectura y redes hidrosanitarias.	Visualización del modelo, para arquitectura y redes hidrosanitarias.	Visualización del modelo, para arquitectura y redes hidrosanitarias.

Fig. 10. . Etapa Preconstrucción. Elaboración propia 2020, a partir la ISO 29481- 1:2010 (Manrriquez, Sebastian, 2017).

SERVICIOS	ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN. EDIFICIO EN LA CIUDAD DE BOGOTA	
	PRODUCCIÓN	
	INFORMACIÓN DE PRODUCCIÓN	CONSTRUCCIÓN
NECESIDADES DEL CLIENTE	Comparar la propuesta con la descripción de necesidades. Requirió adaptación a condiciones reales del terreno.	Comparar la propuesta con la descripción de necesidades. Requirió adaptación a condiciones reales del terreno
NORMATIVIDAD		Para la puesta en marcha se presentaron inconvenientes por normativa con servicios públicos.
COSTOS	Modificación de listados originales de cantidades de obra, por nuevas condiciones en terreno	
	Análisis de costos. Replanteamiento de costos por nuevas condiciones	Análisis de costos. Se actualizaron los flujos de caja con el programa GANTTER
CONSTRUCCIÓN	Encontrar productos para la construcción. De acuerdo al listado actualizado	
	Simulación de la secuencia de construcción por medio de visita virtual con Render	
	Realizar adquisiciones, de acuerdo al avance controlado por el programa GANTTER	
	Preparaciones de seguridad en obra, en la medida que se van contratando las diferentes especialidades.	
		Control de maquinaria. Se realizó en la marcha de la construcción, sin apoyo previo.
	Manejo de logística de la construcción: Se generaron retrasos y reproceso nuevas condiciones reales en sitio de obra.	



DOCUMENTACIÓN	Traspaso de modelo BIM al contratista, con planos arquitectónicos e hidrosantitarios digitales. Estructura y redes eléctricas en AUTOCAD..	
	Producción de la documentación de producción. Archivos en DRIVE para los contratistas de las diferentes especialidades	
		Construcción del manual de mantenimiento. No se generó
COORDINACIÓN	Control de consistencia, de forma mixta con algunos diseños en REVIT y otros en AUTOCAD	
PRESENTACIÓN	Visualización del modelo de forma mixta con algunos diseños en REVIT y otros en AUTOCAD	Visualización del modelo de forma mixta con algunos diseños en REVIT y otros en AUTOCAD

Fig.11.. Etapas de construcción. Elaboración propia 2020. a partir la ISO 29481-2010 (Manríquez, Sebastián, 2017).

SERVICIOS	ETAPAS POSTCONSTRUCCIÓN. EDIFICIO EN LA CIUDAD DE BOGOTA	
	MANTENIMIENTO	DEMOLICIÓN
	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	DISPOSICIÓN
ANÁLISIS DE DESEMPEÑO	Optimización energética. No se realizó	
	Monitoreo del edificio. No se realizó	
NORMATIVIDAD		Reciclaje de materiales. No se realizó
		Preparación de la demolición del edificio. No se realizó
OPERACIÓN	Gestión de espacios. No se realizó	
	Programación de mantenimientos. De forma verbal con el usuario.	
DOCUMENTACIÓN	Construcción de la documentación de mantenimiento. No se realizó	
	Construcción de documentación de mantenimiento desde ambiente no- BIM.	
	No se realizó	
	Construcción de documento de operación desde BIM. No se realizó	

Fig.12. Etapas de mantenimiento y operación. Elaboración propia 2020, partir la ISO 29481-2010 (Manríquez, Sebastian, 2017).

MAPA DE PROCESOS POR MODELO DE NOTACIÓN APLICADO AL ESTUDIO DE CASO

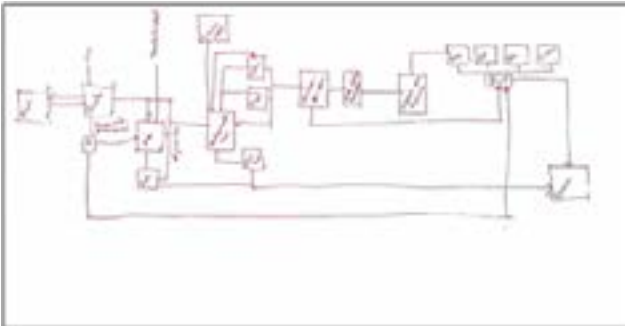


Fig. 13. Primera aproximación al mapa de procesos elaborado con el constructor. Fuente propia. 2020

El mapa de procesos se desarrolla en relación con los procesos evidenciados en el IDM y analizados desde seis aspectos que aplican para cada uno de los procesos encontrados:

1. Estándares de avance de la información de los modelos EAIM: corresponde a cada fase del proyecto, que, en el orden lógico avanza desde Diseño conceptual DC, Diseño de anteproyecto CA, Diseño Básico DB, Planificación financiera PF, Ejecución de Obra EO.

2. Dimensiones BIM: hace referencia al modelo utilizado cada una de las fases de la edificación, desde la concepción 2D, el diseño 3D, la programación 4D, control de costos 5D, comportamiento energético y sostenibilidad 6D, y mantenimiento hasta su demolición o reciclado 7D.

3. Nivel de desarrollo LOD: (Level of development) corresponde al nivel de detalle del modelo y de los objetos que contiene, referido a su visualización y a la información que proporciona.

4. Información de referencia: proporciona requerimientos o documentación previa a cada etapa del proceso.

5. Información de salida: proporciona documentación que se genera al finalizar cada etapa, y puede ser en ocasiones información de referencia para la siguiente etapa del proceso.

6. Tiempo: Este aspecto indica en número de meses o semanas que lleva cada proceso, avanzando de manera acumulativa.

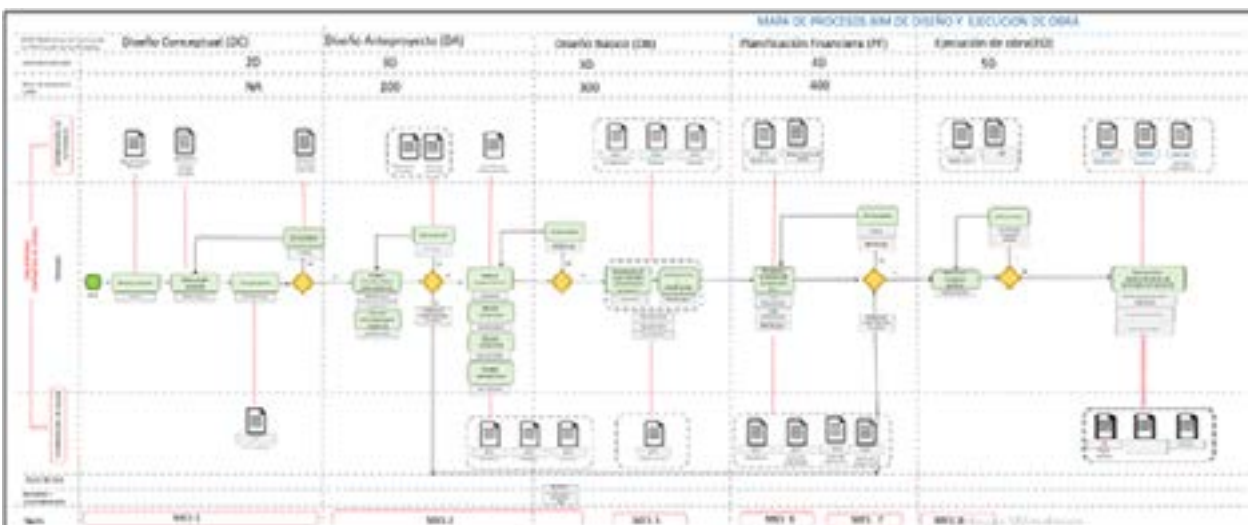


Fig.14. Mapa de procesos fases de preciclo de vida y Preconstrucción. Estudio de caso edificio en la ciudad de Bogotá. .

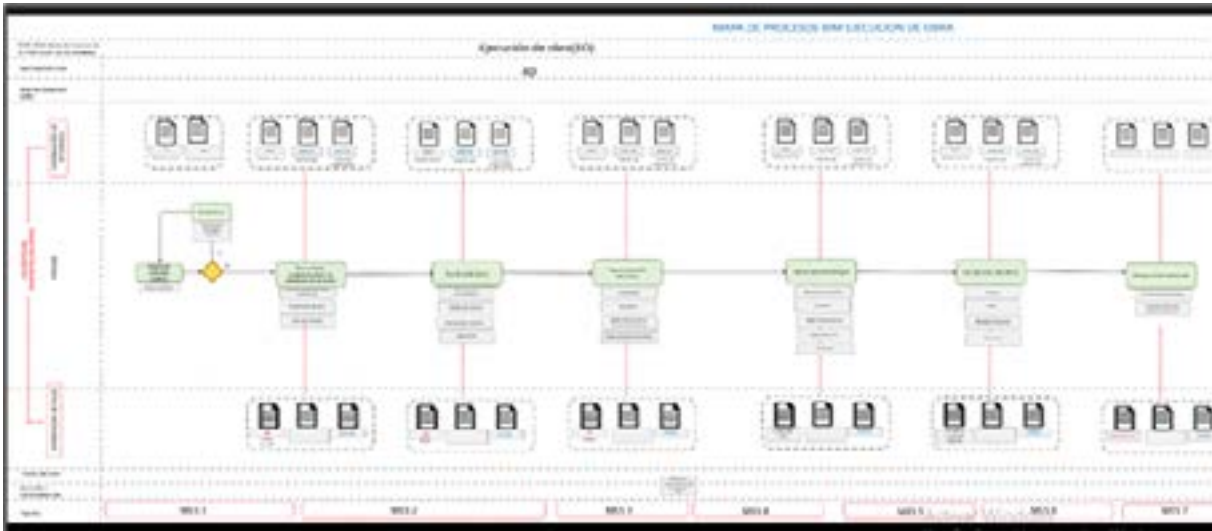


Fig.15. Mapa de procesos fases de construcción. Estudio de caso edificio en la ciudad de Bogotá.

ASPECTOS CONCLUSIVOS

Se realizaron entrevistas a grupos focales para identificar los procesos que actualmente lleva la obra, evidenciando problemáticas en la adaptación a la metodología BIM en obra. El IDM fue de gran utilidad en el proceso de levantamiento de información de forma organizada, y aportó información relevante para generar el mapa de procesos a partir de la identificación de las estrategias, flujos, actividades, tiempos y agentes que intervienen en cada una de las cuatro etapas (preciclo de vida, pre-construcción, construcción y mantenimiento).

Al presentar el mapa de procesos al diseñador, y las mejoras que puede obtener con la implementación de metodologías BIM desde la etapa de preciclo de vida, **éste considera que** la implementación de la metodología no es un sobre costo ya que su correcta implementación supone que cada profesional trabaja articuladamente sobre el mismo modelo por lo que no debe generar un costo adicional. Respecto a la posición de la constructora, se encuentra una buena disposición al cambio, sin embargo, son conscientes que la implementación del BIM se dificulta por la falta de conocimiento y manejo de la plataforma tecnológica lo cual conlleva a

mayores sobre costos por errores y re-procesos.

Los profesionales vinculados al sector de la construcción que intervinieron en el proceso han adquirido algún nivel de competencia en metodología BIM a partir del conocimiento empírico en su lugar de trabajo. Sin embargo, no se cuenta con bases teóricas que sustentan el conocimiento, y esto genera aproximaciones erradas a la metodología, que en ocasiones se confunde con el manejo de software de modelado.

Se evidencia acercamiento a la metodología BIM por medio de cursos o seminarios que los profesionales desarrollan de manera independiente a su formación de pregrado, con lo cual adquieren algunas herramientas que les permiten afrontar los retos del sector laboral.

Los profesionales dedicados al diseño como dibujantes y arquitectos tienen más contacto con herramientas asociadas a la metodología BIM en la medida que las grandes empresas dedicadas al diseño arquitectónico han adoptado estas metodologías en atención a los requerimientos y estándares en ámbitos regionales y globales.



En contraste, los profesionales dedicados a la ejecución de obra, especialmente en medianas y pequeñas empresas, están alejados de estas tecnologías y no cuentan con las competencias requeridas por el sector productivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ, Miguel; BOUZAS, Manuel. (2014). La conexión entre el Project Management y el BIM. En: Spanish journal of BIM. No. 15/01. P.31-37. <http://www.buildingsmart.es/journals/bim/presentación/>. Consultado 10 de junio de 2019.

AUTODESK (2014). Novedades de Revit-2014. <http://help.autodesk.com/view/RVT/2014/ESP/?guid=GUID-2480CA33-C0B9-46FD-9BDD-FDE75B513727>. Consultado el 15 de julio de 2019.

BUILDING SMART Spanish home of open BIM (2014). Guía de usuarios. Uso de modelos para la visualización. Spanish Chapter.

CAMACOL (2018). Se lanza BIM Fórum Colombia: una apuesta por la digitalización y la productividad del sector de la construcción. <https://camacol.co/prensa/noticias/se-lanza-bim-fórum-colombia-October> 23 de 2018.

COLCIENCIAS (2018). Libro Verde 2030. Política Nacional de Ciencia de Innovación para el Desarrollo sostenible. p.37. Bogotá, Colombia.

CONSTRUDATA (2018). Compañía colombiana pionera en implementar BIM. Revista Publicada el 9 de marzo de 2018. <https://www.construdata.com/Bc/Construccion/Noticias/bim-construcciones-amarillo-09-03->

Departamento Nacional de estadística DANE (2019). Boletín Técnico. Indicadores económicos alrededor de la construcción (IEAC). I trimestre de 2019.

DUARTE Naisir; PINILLA José (2014). Razón de costo-efectividad de la implementación de la metodología BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia. Tesis de grado Maestría. Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia.

FLÓREZ Gabriel E. (2018). El 40 por ciento de las construcciones del país usa tecnología BIM. Diario El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/el-40-por-ciento-de-las-construcciones-del-pais-usa-tecnologia-bim-259706>. Consultado junio 6 de 2019.

LÓPEZ, J ; LLINARES, C; IÑARRA, S; HIGUERA, J (2015). Realidad virtual, game engines y BIM. EUBIM 2015 Congreso Internacional BIM / Encuentro de Usuarios BIM. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación Universitat Politècnica de València. 8 y 9 de mayo 2015.

OSCA, Celia (2017). Incidencia del BIM en el proceso proyecto-construcción de arquitectura: una vivienda con REVIT. Tesis. Universidad Politécnica de Valencia.

PALLÁS X; ROIG, V; VIDONI, D (2015). Más allá de la interoperabilidad técnica. EUBIM 2015 Congreso Internacional BIM / Encuentro de Usuarios BIM. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación Universitat Politècnica de València. 8 y 9 de mayo 2015.

RAMOS CASANOVA F. (2019). Principales novedades y características de Autodesk Navisworks. <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/autodesk-navisworks/>. Consultado julio 10 de 2019.



SALAZAR, Manuel; GALINDO, Jorge (2018). Impacto económico del uso de BIM en el desarrollo de proyectos constructivos: estudio de caso en Manizales (Colombia).

Revista Espacios. Vol. 39 (Nº 07) Año 2018. Pág. 24.

SALINAS, José; ULLLOA Karem (2014). Implementación de BIM en Proyectos Inmobiliarios

Escuela de Postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Lima, Perú). Vol. 2, Num. 1 - ene-jun 2014.P. 229-255.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (2018). Primer Encuentro internacional Maestría en Construcción. BIM más que una herramienta. 26,27 y 28 de octubre de 2018. Bogotá.

UKCONSTRUCTION (2018). BIM Progreso y Adopción en el Reino Unido <https://www.ukconstructionmedia.co.uk/features/bim-progress-adoption-uk/>. Publicado 1 de junio de 2018. Consultado 30 de junio de 2019.