

Comparación de implementación CAD vs BIM para proyectos de construcción, arquitectura e ingeniería.

Jorge M. Paternina M¹, Sebastián García², Jacobo León³, Jonathan Monroy⁴, Giovanni Mendoza⁵, Ana María Hincapié C⁶.
jmpaternina@sena.edu.co¹, sebastiangarcia1216@gmail.com², leonjacobol1@gmail.com³, jonathan_perdomo456@hotmail.com⁴, jose4494320@gmail.com⁵, anahincapie13@gmail.com⁶.
Grupo de investigación SENNOVA CTCM SENA Bogotá, Semillero de Investigación Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera, Bogotá, Cundinamarca Servicio Nacional de Aprendizaje SENA



Figura 1: Imagen archivos SENNOVA CTCM.

Resumen

El presente artículo tuvo como objetivo realizar una comparación entre dos alternativas para la conceptualización de proyectos de ingeniería, arquitectura y construcción; un primer análisis usando Building Information Modeling (BIM), llevando a cabo el modelado de un proyecto multifamiliar de 5 pisos denominado Suite 30, estableciendo una metodología general utilizando herramientas como software de Autodesk Revit, Navisworks y herramientas de trabajo colaborativo que permiten obtener el cronograma y presupuesto de obra. Dicha edificación se modeló en Revit, donde se compararon las cantidades de materiales, colisiones y el presupuesto para este caso; además del tiempo empleado para su diseño en las 5 etapas donde se desarrolló (investigación, diseño, cálculo de cantidades, tiempo y presupuesto), frente al análisis de revisión bibliográfica de proyectos que han empleado el método tradicional de Diseño Asistido por Computadora (CAD) a través del software AutoCad. Como resultado de la modelación en BIM, se valora aproximadamente el proyecto en tres mil millones de pesos (COP), obteniendo un total de 296 colisiones, estimándose un ahorro del 1% de colisiones (\$31.222.679) sobre el costo total, para un tiempo de modelado de 5 m2/h, concluyendo que la tecnología BIM es más sencilla y eficaz de gestionar, agilizando todos los procesos de diseño.

Palabras clave - BIM, CAD, Construcción, arquitectura, gerencia de obra.

Abstract

This article aimed compare two alternatives for the conceptualization of engineering, architectural and construction projects, the first analysis was carried out using Building Information Modeling (BIM), modeling a 5-story multifamily project called Suite 30, establishing a general methodology using tools as Autodesk Revit software, Navisworks and collaborative work tools that allow obtaining the work schedule and budget, this building was modeled in Revit, where the quantities of materials, collisions and the budget for this case were compared; in addition to the time used for its design in the 5 stages where it was developed (research, design, calculation of quantities, time and budget), compared to the review of the bibliographic review of projects that have used the traditional method of Computer Aided Design (CAD) through AutoCad software. As a result of BIM modeling, the project is valued at approximately three billion pesos (COP), obtaining a total of 296 collisions, estimating a saving of 1% of collisions (\$ 31.222.679) on the total cost, for a modeling time of 5 m2/h, concluding that BIM technology is easier and more efficient to manage, streamlining all design processes.

Keywords - BIM, CAD, building, architecture, construction management.



Introducción

Bulding Information Modeling (BIM) es un proceso usado en la industria de la construcción que permite a todos los involucrados trabajar sobre un único modelo digital del proyecto de forma colaborativa y concurrente. Permite gestionar la información necesaria para diseñar, construir y operar el proyecto en todo su ciclo de vida. (IAC, 2018).

BIM, afirma Borja (2015), centraliza toda la información de un proyecto (3D o geométrica, 4D o tiempos, 5D o costes, 6D o ambiental, y 7D o mantenimiento) en un modelo digital desarrollado por todos sus agentes, permitiendo ahorros de tiempo y costos en un proyecto constructivo.

Así, entre las herramientas que permiten desarrollar este modelo digital, se destaca Autodesk Revit. Autodesk plantea tres variantes del programa, Revit Architecture, Revit Structure y Revit MEP, con los que trata de asistir a desarrollar trabajos tanto para un arquitecto, modelador o ingeniero; permite desarrollar el proyecto en un equipo multidisciplinar.

Revit es un programa de diseño, con el cual se puede obtener de un modo ágil y en un entorno coordinado la documentación del proyecto: planimetría, detalles constructivos, medición a través de un software complementario, diseño de la estructura, trazado de las distintas instalaciones, e incluso imágenes finales y renders de gran calidad.

En la industria de la construcción han apostado por Bulding Information Modeling (BIM) y se han logrado realizar proyectos de gran magnitud en países de primer mundo como lo es China, en donde el primer proyecto realizado con BIM fue la torre Shanghái, con 128 pisos y 632 metros de altura. Este es el edificio más alto en el país asiático (es el segundo edificio más alto en el mundo) y representa la joya del centro financiero. La firma de arquitectura estadounidense Gensler dirigió el grupo de diseño y trabajó en entorno BIM desde el principio. (Biblus, 2019).

La situación según ASIDEK (2016) del BIM en el mundo ha ido evolucionando exponencialmente, con un crecimiento de la participación económica de países como EUA, Canadá, Reino Unido, Alemania o Francia, que ya apuestan



Figura 1: Crecimiento de BIM en el mundo.
Fuente: Adaptado de (ASIDEK, s. f.).

por integrar BIM en su estrategia dentro del sector de arquitectura, ingeniería, construcción y operación (AECO). Se estima que para 2020, el mercado BIM crecerá hasta un 12% en Norte América, 13% en Europa y Asia, y 11% en el resto del mundo.

De acuerdo al estudio del Dublin Institute of Technology elaborado por McAuley et al. (2017), más del 50% de los veintisiete países de todo el mundo revisados en el informe tenían un requisito regulatorio para BIM o planeaban implementar uno en un futuro cercano, y más del 60% de los países revisados habían producido una guía o manual BIM para ayudar en la promoción de BIM localmente.

En Norteamérica, aumentó drásticamente el uso de BIM del 28% al 71% entre 2007 y 2012. En Australia y Nueva Zelanda, el 74% de las empresas encuestadas preveían el uso de BIM en más del 30% de sus proyectos en 2016. En cuanto a China, pronosticaba un aumento del 200% de arquitectos en un nivel de implementación BIM mayor en los dos años siguientes. (Araújo-Rey & Sebastián, 2019).

En Colombia en el 2018 se lanzó el BIM Fórum Colombia: una apuesta por la digitalización y la productividad del sector de la construcción, una estrategia para articular diversos actores de la cadena de valor de la construcción en torno a la digitalización del sector, y promover la adopción tecnológica y el desarrollo productivo del sector. Como un pilar para la transformación digital de la industria de la construcción. (CAMACOL, 2018).

El reto de incorporar BIM a un país tradicionalista en donde existe ese temor de las medianas y pequeñas empresas de trabajar con una herramienta distinta a CAD

que ha funcionado, pero hay desconocimiento sobre la implementación de BIM y sus programas asociados.

En Colombia los pioneros en implementación BIM de gran magnitud han sido empresas como Amarilo, Construcciones Colpatria, Constructora Bolívar y otras (Ramírez, S., 2019) así como la ambición de la alcaldía de Bogotá plantea Pantoja (2019) que el metro se ejecutará incorporando BIM en todo el proceso de diseño y constructivo. Esto demuestra que Colombia entró en la fase de incorporar estas nuevas tecnologías a los proyectos futuros, así como en Chile postula Ramírez (2019) tuvo la potestad de tener un mandato de incorporación gradual (I. 2020 / II. 2025) actualmente se está implementando esta metodología y se espera que en los próximos 5 años sea obligatorio en Colombia para que ayude a la productividad del sector e incluso en la reducción del impacto ambiental.

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) ha venido realizando esfuerzos por traer profesionales internacionales conocedores de BIM, como lo fue en el 2018 la conferencia magistral por el Arquitecto español experto en BIM, José Luis Rodríguez Antúnez quien fue el encargado de realizar transferencia de conocimiento a 300 aprendices e instructores en el complejo de Cazucá del SENA. De igual manera el SENA hace parte de BIM Forum que viene siendo lidera por CAMACOL, es de destacar que se tiene planeado para los años 2020 y 2021 un ambicioso despliegue de nueve (9) aulas BIM en los diferentes centros de formación del SENA en todo el territorio de Colombia con equipos tecnológicos y software especializado de última tecnología, que permitiría capacitar a un importante número de aprendices para darle un fuerte impulso a la industria de la construcción en nuestro país.

En el año 2019 se realizaron diferentes seminarios con el representante Armando Riquelme de la empresa CYPE simulando en un entorno colaborativo BIM para un proyecto constructivo la integración del diseño arquitectónico, de redes hidrosanitarias, gas y redes contra incendio con el apoyo de instituciones como la Universidad de los Andes, Universidad Piloto, UniAgraria, la Universidad Distrital, y la participación decidida del SENA – Centro de Tecnologías de la Construcción y la Madera.

En el Grupo de Investigación CTCM SENA Bogotá y sus semilleros asociados se han elaborado proyectos como el Estudio Metodológico BIM para el Desarrollo de Proyectos Urbanísticos (Esguerra, et al., 2018), así como también el proyecto de Eficiencia Energética Eco Sostenible en el Diseño Arquitectónico a través de BIM (Paternina et al., 2018).

El proyecto objeto de este estudio se elaboró bajo unos conocimientos de ingeniería y arquitectura coordinados con programas como Navisworks y Revit, se modeló el proyecto multifamiliar Suite 30 de 5 pisos de altura aplicando todas las disciplinas estandarizadas y según la norma.

La metodología está establecida bajo unos parámetros de diseño por disciplinas donde se ejecutó el proyecto, en ese orden podemos exponer los resultados y conclusiones.

Metodología

Localización del Proyecto

Para la selección del sitio se tuvieron en cuenta tres criterios de selección: 1. Un lote de mínimo 100m², 2. Situado en zona comercial, 3. Zona residencial.

Reconocimiento

Se realizará medición para la representación de aceras, vías, adoquines, rampas, caja de inspección y se identificarán las diferentes zonas aledañas y vecinos colindantes.

Planimetría Arquitectura

Con base en el replanteo se ejecutará un bosquejo para determinar y delimitar la zona del proyecto; teniendo en cuenta estos aspectos, se iniciará el modelado BIM con la herramienta Revit de Autodesk, cabe destacar que se diseñaran 5 propuestas con el fin de elegir una, que incorporará 12 ámbitos de ocupación, dentro de los cuales se destacan: apartaestudios, apartamentos, gimnasio, administración, oficinas, baños, recepción, ascensor, local comercial, parqueadero de autos, parqueadero de motos y parqueadero de bicicletas.

Estructura Metálica.

Se usará estructura metálica para aminorar los tiempos de obra, así como para reducir significativamente el peso final de la edificación en comparación con el uso de materiales

Comparación de implementación CAD vs BIM para proyectos de construcción, arquitectura e ingeniería.

tradicionales comúnmente utilizados, para este caso se manejarán perfiles tipo HEA para columnas, tipo IPE para vigas y tipo rectangulares para viguetas, dicho esto, se modelará la estructura y las áreas determinadas en la planimetría dando lugar a los ejes, donde estarán ubicadas las columnas, vigas, viguetas y escaleras.

Replanteo arquitectónico

Se ajustará el modelo arquitectónico a la estructura metálica, dando lugar a correcciones requeridas, para que esta quede acoplada al modelo.

Diseño de fachada

Se exploran cinco (5) tipos de fachadas arquitectónicas, con el fin de evaluar y seleccionar la mejor, bajo criterios de funcionalidad y estética.

Instalaciones.

En este apartado se definirán las instalaciones técnicas que se incorporarán en los diseños, en desarrollo del proyecto multifamiliar y que se describen a continuación:

Red de gas.

Se tendrá en cuenta la normativa Colombiana (NTC-3728, gasoducto, líneas de transporte y redes de distribución de gas) para realizar el diseño de las redes de gas, teniendo en cuenta los estándares de la norma.

Redes hidrosanitarias.

Se tendrá en cuenta la normativa Colombiana (NTC-1500 código colombiano de fontanería) para realizar el diseño de las redes hidrosanitarias, teniendo en cuenta los estándares de la norma.

Redes eléctricas.

Se tendrá en cuenta la normativa Colombiana (NTC-2050 código eléctrico colombiano) para realizar el diseño de las redes eléctricas, teniendo en cuenta los estándares de la norma.

Red contra incendio.

Se tendrá en cuenta la normativa Colombiana (NSR-10 Título J-Requisitos de protección contra incendios en edificaciones y NFPA) para realizar el diseño de las redes contra incendio, teniendo en cuenta los estándares de la norma.

Pruebas de integración de diseño

En esta etapa, se implementará la herramienta Navisworks

(Software de revisión de modelos 3D para arquitectura, ingeniería y construcción.) el cual permitirá identificar las diferentes colisiones entre disciplinas.

Corrección de disciplinas

Dentro de este marco, se encontrarán interferencias de todo tipo entre las disciplinas, de acuerdo a lo expuesto, se dará comienzo a resolver dichas interferencias, se utilizará Navisworks y en conjunto con Revit, para realizar un trabajo eficiente con cero (0) colisiones.

Presupuesto de obra

El presupuesto en construcción es una herramienta que tiene por objeto determinar anticipadamente el costo de la ejecución material de un proyecto, por ende, se hará una valorización de obra con análisis de precios unitarios tomando precios reales del sector constructivo.

Programación de obra

Para la programación de obra se utilizará la herramienta de diagrama de Gantt, que permite enlazar las actividades definidas para el proceso constructivo con el modelo BIM, dando la posibilidad de generar simulaciones de cómo se ejecutaría el proyecto en una materialización real.

Resultados y discusión

Como resultados se identificó un lote de 350 m², localizado en la Autopista Sur con calle 17^a Bis Sur en la ciudad de Bogotá (Colombia) al lado de la estación de Transmilenio SENA.

Se realizó un reconocimiento del lote, elaborando un levantamiento dimensional a las aceras, vías, adoquines, rampas, cajas de inspección, identificando zonas aledañas.

Planimetría Arquitectónica

Se conceptualizó una edificación moderna de vivienda multifamiliar, que se adaptará a los nuevos hábitos de una ciudad cosmopolita, el cual contiene cinco (5) aparta estudios tipo y cuatro (4) apartamentos con acceso a balcones, áreas sociales en cada piso ubicados en la curva de la estructura de forma que acoge la luz natural creando un ambiente pacífico y despejado por sus grandes ventanales con acceso a balcón que sigue la curva de la edificación. El multifamiliar Suite 30 también cuenta con gimnasio, ascensor y dos puntos de escaleras para un fácil

acceso al salón comunal en el último piso con vista panorámica gracias a sus muros cortina, compartiendo el espacio en una zona social no cubierta para dar lugar al BBQ con zonas de permanencia y circulación. (figura 4).



Figura 2: Vista General Isométrico.
Nota: Representación del modelo en 3D vista general isométrica.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3: Diseño interior. Vista Isométrica Apartamento tipo.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4: Diseño de zonas sociales.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.
Distribución de áreas multifamiliar Suite 30

Distribución áreas Suite 30		
	Cantidad	Unidad
Área del lote	331,6	m2
Área privada	1.189,9	m2
Áreas comunes	602,4	m2
Área total construida	1.792,3	m2

Tabla 2.
Distribución de espacios multifamiliar Suite 30.

Distribución espacios Suite 30		
	Cantidad	Unidad
Aparta estudios	19	Un
Apartamentos	6	Un
Locales	1	Un
Parqueadero Autos	6	Un
Parqueadero de motos	10	Un
Parqueadero de bicicletas	20	Un
Gimnasio	1	Un
Zona BBQ	1	Un

Una de las grandes cualidades de Revit ratifica (Borja, 2015) en comparación a AutoCAD, es que deja generar simples líneas para realizar un modelo tridimensional y constructivo.

Estructura Metálica.

Posteriormente se asignó la estructura metálica que aumenta entre un 20% a un 25% el costo con respecto a la estructura en concreto, pero reduce significativamente el tiempo en la ejecución de la obra y los volúmenes en los espacios por ser más ligera a materiales comunes, utilizando perfiles tipo HEA (perfil de alas anchas y caras paralelas) para columnas, tipo IPE (Se denomina perfil IPE por su forma en I.) para vigas y tipo rectangulares para viguetas. Esto representa el 12,27% de incidencia sobre el costo total, debido a esta consideración se realizó una conceptualización arquitectónica teniendo en cuenta la importancia de la estructura metálica.



Figura 5: Estructura de la edificación.
Fuente: Elaboración propia.

Instalaciones

Las instalaciones del multifamiliar Suite 30 se realizaron bajo las normativas colombianas según su disciplina representando una incidencia, en las instalaciones hidráulicas del 3,21%, instalaciones de gas del 18,61%, instalaciones eléctricas del 4,09%, red contra Incendios de 1,51% sobre el costo total del multifamiliar.



Figura 6: Vista panorámica de todas las redes de tubería del edificio.
Fuente: Elaboración propia.

licas del 3,21%, instalaciones de gas del 18,61%, instalaciones eléctricas del 4,09%, red contra Incendios de 1,51% sobre el costo total del multifamiliar.

Pruebas de Integración de Diseño.

Se realizaron pruebas de colisiones entre disciplinas mediante el uso de Navisworks, esto permitió identificar el número de colisiones que cuantificaron en 296, representado esto un 1% equivalente a \$31.222.679 respecto al costo total del multifamiliar con un valor de \$3.111.096.769, esto de acuerdo al presupuesto de obra desarrollado, basado en análisis de precios unitarios. Esto de forma más técnica indica la cantidad de colisiones dentro del proyecto; por lo tanto, permite la coordinación digital del diseño con la ejecución de obra, de tal forma que nos da una vista previa para poder gestionar de manera eficaz y anticipada su construcción, evitando alteraciones de tiempo y sobrecostos.

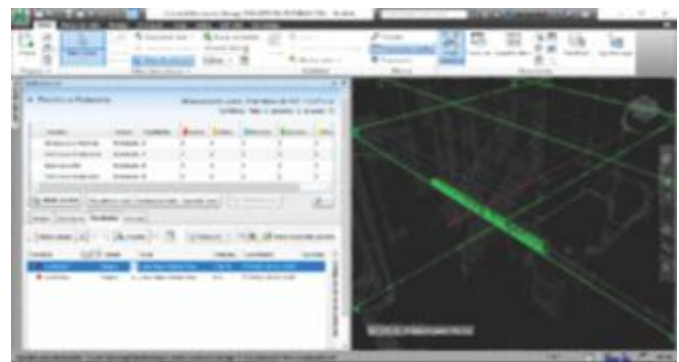


Figura 7: Prueba de integración de Diseño.
Notas: Pruebas de colisiones desde Navisworks, vista grafica representación de colisión de tubería con estructura.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 8: Costo de colisiones.
Fuente: Elaboración propia.

Dentro del proyecto se considera el costo de colisiones separándolas en dos tipos de categorías: colisiones simples y colisiones críticas, siendo esta última realmente significativa debido a que poseían colisiones con la estructura.

Este hallazgo es importante dado que solo teniendo en cuenta un ahorro en optimización de diseños evitando colisiones en diseños del uno (1%) del total del costo del proyecto, permitiría adquirir la infraestructura tecnológica que se requiere como computadores, software y capacitación básica para el montaje de la tecnología BIM en un proyecto de esta magnitud. Permitiendo tener una relación Beneficio/Costo (B/C) viable para el proyecto, generando una capacidad instalada en la empresa constructora para los próximos proyectos.

Además de esto, otro resultado representado en el proyecto fue examinar la diferencia entre implementaciones BIM y CAD. Para lo cual se realizó una investigación bibliográfica de los proyectos que han utilizado BIM y CAD respecto al tiempo de modelado ver tabla 3.

Tabla 3.
Tiempos de ejecución metodología tradicional vs metodología BIM
Fuente: (J. L. Ramírez, 2018)

Metodología	Valor por hora	Rendimiento estimado por hora	Rendimiento estimado por día
Tradicional 2D	\$ 12.750.000	2,07 M ² /H	16,58 M ² /Día
BIM 3D	\$ 16.575.000	2,76 M ² /H	22,1 M ² /Día

Se valoró que para el proyecto multifamiliar Suite 30 de 1.792 m² de área a construir, existe una eficiencia de trabajo aproximada de 5 m²/h para su modelado BIM, en comparación con lo estimado por (J. L. Ramírez, 2018) que halló un valor de 2,76 m²/h para trabajo de modelado BIM, estas diferencias obedecen principalmente a la curva de aprendizaje y experticia del equipo encargado de modelar en BIM el proyecto constructivo. Sin embargo, para empresas que vayan a iniciar implementaciones de BIM en proyectos constructivos para presupuestar el costo de modelado BIM puede utilizar como referencia un rendimiento de modelado BIM de 5 m²/h.

En el multifamiliar Suite 30 se trabajó en un modelo único de información, por lo que la coordinación de cambios es total y las herramientas BIM ofrecen algunas facilidades a la hora de trabajar. Por ejemplo, si una vista de planta es modificada, automáticamente se actualiza en alzado. Esto permite minimizar errores de proyecto y ejecución, así como, ahorrar tiempo y costos.

Otro de los hallazgos y recomendaciones es el siguiente: para que el modelo BIM sea aprovechado en la etapa de ejecución y no quede en una simple maqueta virtual 3D del proyecto, conviene ser muy organizado en cada una de las etapas del modelado 3D e integración del cronograma (4D) y el costo (5D). Esta organización va a permitir un modelo dinámico que permita monitorear los flujos de trabajo en la etapa de ejecución.

Estas ventajas pueden ser aprovechadas por empresas del sector construcción para aumentar la productividad, los beneficios y rentabilidad en sus empresas.

Comparación de implementación CAD vs BIM para proyectos de construcción, arquitectura e ingeniería.



BIM SENNOVA

En el Grupo de Investigación CTCM SENA Bogotá y sus semilleros asociados del SENA Centro de Tecnologías de la Construcción y la Madera (CTCM) se han elaborado proyectos (SENA, 2018) como el "Estudio Metodológico BIM para el Desarrollo de Proyectos Urbanísticos" así como también el proyecto de "Eficiencia Energética Eco Sostenible en el Diseño Arquitectónico A Través de BIM" (SENA, 2018).

El proyecto objeto de este estudio busca indagar, si en un proyecto constructivo mediano de vivienda vertical es viable económicamente implementar toda la infraestructura tecnológica que se requiere como computadores, software y capacitación para el modelamiento BIM. De tal forma que se cuantificaron los beneficios obtenidos y los costos requeridos en la implementación BIM para determinar si hay una relación Beneficio/Costo (B/C) viable para el proyecto.

ARQUITECTURA

Se conceptualizó una edificación moderna de vivienda multifamiliar, que se adaptará a los nuevos hábitos de una ciudad cosmopolita, el cual contiene 5 aparta estudios tipo y 4 apartamentos con acceso a balcones, áreas sociales en cada piso ubicados en la curva de la estructura de forma que acoge la luz natural creando un ambiente pacífico y despejado por sus grandes ventanales con acceso a balcón que sigue la curva del edificio. El multifamiliar Suite 30 también cuenta con gimnasio, ascensor y dos puntos de escaleras para un fácil acceso al salón comunal en el último piso con vista panorámica gracias a sus muros cortina, compartiendo el espacio en una zona social no cubierta para dar lugar al BBQ con zonas de permanencia y circulación.



El número de colisiones entre diseños analizadas fueron 296, representado esto el 1% equivalente a \$31.222.679 respecto al costo total del multifamiliar con un valor estimado de \$3.111.096.769, esto de acuerdo al presupuesto de obra desarrollado basados en análisis de precios unitarios actualizados.



Distribución espacios Suite 30		
	Cantidad	Unidad
Apartamentos	10	Un
Apartamentos	8	Un
Locales	1	Un
Parqueadero Autos	8	Un
Parqueadero de motos	20	Un
Parqueadero de bicicletas	20	Un
Gimnasio	1	Un
Zona BBQ	1	Un

Distribución áreas Suite 30		
	Cantidad	Unidad
Área del lote	325,8	m ²
Área privada	1.189,9	m ²
Áreas Comunes	802,4	m ²
Área total construida	1.782,3	m ²

SENNOVA

Para más información del proyecto escanea el QR para acceder a la información del artículo.



PANORAMICOS QR



Conclusiones

De acuerdo a las diferentes referencias consultadas en la elaboración del artículo y la modelación del proyecto multifamiliar Suite 30, la implementación de BIM significa una superior capacidad de eficacia y tiempo de modelado en proyectos constructivos, así como una mejor gestión de los diseños requeridos en un proyecto.

En lo relacionado con los ahorros obtenidos en la optimización evitando colisiones en los diseños del uno (1%) del costo total del proyecto, permitiría adquirir infraestructura tecnológica que se requiere como computadoras, software y capacitación para el montaje de BIM en un proyecto de la magnitud analizada en esta investigación.

En la investigación se brinda información para que el constructor evalúe la opción de seguir usando herramientas CAD o realice una migración al uso de herramientas BIM, dando datos de referencia de tiempos de modelamiento, ahorros obtenidos, y recomendaciones para una adecuada implementación en proyectos reales.

Visualizar el modelamiento BIM

Para apreciar algunos apartes del modelamiento BIM se emplearon códigos QR, para visualizarlos el lector debe descargar una APP en su smartphone que permita lectura de códigos QR, una vez instalada la aplicación debe hacer la lectura de los códigos QR que aparecen a lo largo del texto.

Agradecimientos

Agradecemos al SENA – Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera por ser un entorno que incentiva la investigación.

De igual forma al Ing. Juan Francisco Guzmán Zabala quien como líder de semilleros estuvo acompañando el desarrollo de la investigación.

Al Arquitecto Leonardo Esguerra y los Auxiliares de Investigación Alejandra Julieth Prieto Gómez y Juan Carlos Palacio del Río, por participar en la conceptualización inicial del diseño arquitectónico.

Para consultar mayor información del proyecto lo invitamos a ingresar al link <https://sennovactcm.wixsite.com/sennovactcm/bim-eficiencia>



Te invitamos a consultar el canal de YouTube del Profe Sebas para conocer el equipo del proyecto.



Bibliografía

Araújo-Rey, C., & Sebastián, M. (2019, julio 11). *Analysis of the main contributions and trends in the implementation of BIM technologies in industrial projects.*

ASIDEK. (2016, diciembre 12). La situación del BIM en el mundo evoluciona. ASIDEK. Obtenido de <https://www.asidek.es/la-situacion-del-bim-mundo/>

Biblus. (2019). *BIM en el mundo: 3 proyectos realizados con el BIM en China.* BibLus. Obtenido de <http://biblus.accasoft.com/es/bim-en-el-mundo-3-proyectos-realizados-con-el-bim-en-china/>

Borja, S. A. (2015, noviembre 18). *Qué es Revit o mejor, qué es BIM.* Espacio BIM. Obtenido de <https://www.espaciobim.com/que-es-revit/>

CAMACOL. (2018). *BIM Fórum Colombia: una apuesta por la digitalización y la productividad del sector de la construcción.* Bogotá. Obtenido de <https://camacol.co/comunicados/se-lanza-bim-f%C3%B3rum-colombia-una-apuesta-por-la-digitalizaci%C3%B3n-y-la-productividad-del>

Esguerra, et al. (2018). *Estudio metodológico BIM para el desarrollo de proyectos urbanísticos con criterios de sostenibilidad y sustentabilidad.* INVITEC - Simposio de Investigación, Innovación y Tecnología ISSN: 2619-2594, Vol II, Pag 16. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5268/1/memorias_simposio_invitec.pdf

Giraldo, D. (2019). *Presentación BIM y CIM - EDU. Empresa de Desarrollo Urbano (EDU).* Simposio BIM y la transparencia en la gestión de proyectos de construcción e infraestructura.

IAC. (2018). *¿Qué es BIM?* Obtenido de, <https://www.iac.com.co/que-es-bim/>

Pantoja, J. C. (2019). *BIM Metro de Bogotá.* Simposio BIM y la transparencia en la gestión de proyectos de construcción e infraestructura.

Paternina, et al. (2018). *Eficiencia energética eco sostenible en el diseño arquitectónico a través de BIM (Building Information Modeling).* INVITEC - Simposio de Investigación, Innovación y Tecnología ISSN: 2619-2594, Vol II, Pag 24. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5268/1/memorias_simposio_invitec.pdf

Ramírez, J. L. (2018). *Comparación entre metodologías Building Information Modeling (BIM) y metodologías tradicionales en el cálculo de cantidades de obra y elaboración de presupuestos. caso de estudio: edificación educativa en Colombia.*

Ramírez, M. (2019). *Transformación digital en el sector de la construcción y el rol del sector público.* Ministerio de Vivienda. Simposio BIM y la transparencia en la gestión de proyectos de construcción e infraestructura.

Ramírez, S. F. (2019). *Transformación digital del sector de la construcción.* CAMACOL. Simposio BIM y la transparencia en la gestión de proyectos de construcción e infraestructura.

SENA. (2018). *Segundo Simposio de Investigación, Innovación y Tecnología INVITEC 2018.* SENA. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5268/1/memorias_simposio_invitec.pdf

Autores



1 Jorge Mario Paternina Martínez

BIM Manager del proyecto
Ing. Civil de la Universidad Nacional
de Colombia
Especialista de Desarrollo y Gerencia
Integral de Proyectos de la Escuela
Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
Experiencia: Catorce (14) años
de experiencia en proyectos en diferentes
sectores y áreas como construcción,
tecnología, oil and gas, investigación
e innovación.
e-mail: jorgempaternina@gmail.com



2 Johan Sebastián García Coral

Coordinador BIM del proyecto
Instructor SENA,
Experto en metodología BIM
Experiencia: Diez (10) años de trabajo
en el Sector de la construcción,
estudiante de Ingeniería Civil,
empreendedor y Edutuber.
Correo: sebastiangarcia1216@gmail.com
Canal Youtube.com: Profe Sebas



3 Jacobo León Ávila

Tecnólogo en Desarrollo Grafico de
Proyectos de Arquitectura e Ingeniería.
Auxiliar de Investigación del Semillero
CTCM SENA Bogotá.
Modelador BIM.
Correo: leonjacobol1@gmail.com
LinkedIn:
<https://www.linkedin.com/in/jacobo-leon-arq/>



4 Jonathan Monroy Perdomo

Tecnólogo en Desarrollo Grafico de
Proyectos de Arquitectura e Ingeniería.
Auxiliar de Investigación del Semillero
CTCM SENA Bogotá.
Modelador BIM
Correo:
jonathan_perdomo456@hotmail.com



5 José Giovanni Mendoza Garzón

Tecnólogo en Desarrollo Grafico de
Proyectos de Arquitectura e Ingeniería.
Auxiliar de Investigación del Semillero
CTCM SENA Bogotá.
Modelador BIM
Correo: jgiovannyrng01@gmail.com



6 Ana María Hincapié Cubillos

Tecnóloga en Desarrollo Grafico de
Proyectos de Arquitectura e Ingeniería.
Auxiliar de Investigación del Semillero
CTCM SENA Bogotá.
Modelador BIM
Correo: anahincapie13@gmail.com