

Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción

Impact of the BIM methodology in the management of construction projects

Mathias Gómez-Valdés¹, Stephanny Acevedo-Acevedo²,
Luis Alvarado-Acuña³, Rene Iturra-Molina⁴

Gómez-Valdés, M; Acevedo-Acevedo, S; Alvarado-Acuña, L; Iturra-Molina, R. Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. *Tecnología en Marcha*. Vol. 36, número especial. Agosto, 2023. X Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos. Pág. 66-77.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v36i7.6860>

- 1 Universidad Católica del Norte. Chile.
Correo electrónico: mathias.gomez@alumnos.ucn.cl
 <https://orcid.org/0000-0002-0160-6384>
- 2 Universidad Católica del Norte. Chile.
Correo electrónico: stephanny.acevedo@ce.ucn.cl
 <https://orcid.org/0000-0002-8763-3243>
- 3 Universidad Católica del Norte. Chile.
Correo electrónico: lualvar@ucn.cl
 <https://orcid.org/0000-0002-8607-4574>
- 4 Universidad Católica del Norte. Chile.
Correo electrónico: riturra@ucn.cl

Palabras clave

BIM; gestión de proyectos; proyecto de construcción.

Resumen

En esta investigación se analizará el impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción reconociendo los factores que limitan la implementación de esta metodología en el sector construcción, a través del estudio de proyectos existentes y en base a experiencia de profesionales del área sintetizada en diversas publicaciones indexadas a partir de las cuales se materializará un análisis bibliométrico utilizando el software Vos Viewer. BIM, o Building Information Modeling, es una metodología que contribuye a gestionar cualquier proyecto de construcción sin discriminar en su envergadura, ejecutando gestión y coordinación de la ejecución de todo el proyecto desde sus fases tempranas hasta la desmovilización del producto. La metodología clásica CAD se ha estado utilizando durante más de dos décadas y, sigue funcionando para numerosas obras de construcción alrededor del mundo, es sencillo de utilizar y gran cantidad de ingenieros y arquitectos lo implementan, pero no tiene el mismo impacto que la metodología BIM la cual recolecta mucha más información que la que brinda la metodología tradicional. En los proyectos estudiados en esta investigación se logra reconocer múltiples ventajas y beneficios de esta metodología que se está implementando de a poco en el mundo, mejorando la calidad del proyecto final, ahorrando tiempo y costos al reducir obras extraordinarias o trabajos rehechos con su aplicación para detectar interferencias entre especialidades, mejorando el trabajo colaborativo y la visualización para el cliente.

Keywords

BIM; project management; construction project.

Abstract

In this research, the impact of the BIM methodology in the management of construction projects will be analyzed, recognizing the factors that limit the implementation of this methodology in the construction sector, through the study of existing projects and based on the experience of professionals in the synthesized area in various indexed publications from which a bibliometric analysis was materialized using the Vos Viewer software. BIM, or Building Information Modeling, is a methodology that helps to manage any construction project without discriminating in its size, executing management and coordination of the execution of the entire project from its early phases to the demobilization of the product. The classic CAD methodology has been used for more than two decades and continues to work for numerous construction sites around the world, it is simple to use and implemented by a large number of engineers and architects, but it does not have the same impact as the BIM methodology. which collects much more information than that provided by the traditional methodology. In the projects studied in this research it is possible to recognize multiple advantages and benefits of this methodology that is being implemented little by little in the world, improving the quality of the final project, saving time and costs by reducing extraordinary works or works redone with its application to detect interferences between specialties, improving collaborative work and visualization for the client.

Introducción

En su incorporación, la metodología CAD y su implementación fue un avance grande y altamente positivo para la industria. Desde el dibujo manual de planos hasta utilizar las herramientas computacionales tienen muchas ventajas como por ejemplo el facilitar el dibujo y actualización de planos de manera digital y ágil. Posteriormente, de venir trabajando con herramientas que utilizan geometría basada en coordenadas para crear líneas o círculos, que además a medida que iban mejorando los softwares también lo hacían los modelos, vinieron las herramientas que modelan basado en parámetros que interrelaciona elementos del modelo. El tema nace principalmente de la necesidad de difundir la metodología en la comunidad iberoamericana, enfocándose principalmente en demostrar las ventajas de BIM para la gestión de proyectos. [1], [2] y [3]

En la investigación se plantea como Objetivo general: “Reconocer las ventajas de la metodología BIM en la gestión de un proyecto de construcción a través del estudio de proyectos existentes y en base a experiencia de profesionales del área”.

Como objetivos específicos lo siguientes: Realizar un análisis bibliométrico sobre la cantidad de publicaciones sobre el tema a través de los años; Comparar las metodologías clásicas con la metodología BIM; Identificar como la metodología BIM hace frente a la situación de trabajos rehechos en proyectos de construcción; y, Reflexionar sobre las principales barreras que tiene BIM para implementarse en proyectos de construcción.

Metodología

La metodología utilizada es de enfoque cualitativo, donde se hacen procesos descriptivos e inductivos. Se realiza un análisis y seguimiento de publicaciones científicas de la base de datos Web of Science, analizando de forma bibliométrica acerca del tema presentado mediante la utilización del software VosViewer. Se realizó una investigación en base a diferentes estudios de construcciones que utilizan la metodología BIM y construcciones donde se aplicó el método tradicional. Se llevó a cabo una comparación de los dos métodos anteriores para identificar problemas comunes para los proyectos que utilizan el método CAD.

Metodología tradicional (CAD) y BIM

La metodología CAD corresponde esencialmente a la utilización de un software de dibujo asistido por computador para realizar dibujos y representaciones gráficas bidimensionales y/o tridimensionales de objetos físicos con el objetivo de ser una alternativa a borradores manuales siendo su mayor exponente el software AutoCAD desarrollado por Autodesk en 1982 que tiene como objetivo principal el desarrollo de trabajos de arquitectura, construcción y múltiples industrias afines a la ingeniería, todo en base a este programa. La gran ventaja que ofrece la metodología CAD o tradicional es que ofrece crear objetos en tres dimensiones y conseguir detalles internos y externos de estos, crear cálculos de estructura, reduciendo la posibilidad de cometer errores en los proyectos reales. Esta metodología facilita la vida profesional y la presentación de proyectos a los clientes esto debido a que los arquitectos, por ejemplo, dejan de lado la realización de planos en una mesa para conseguir, gracias a estos programas de dibujo asistido por computadora, resultados de alta calidad y precisión en dos o tres dimensiones. [4]

La metodología BIM es la integración coordinada del trabajo, es decir, un modelo virtual del proyecto que junta todas las especialidades e instalaciones de la construcción ayudando y mejorando la gestión del proyecto, las comunicaciones y la información de cantidades. También debido a sus dimensiones como la 4D que, gracias a la información de planificación

y programación, puede llegar a la simulación de la edificación con sus especialidades, la dimensión 5D que incluye la información presupuestaria, la 6D permitiendo el control de los procesos del proyecto, como inspecciones, reparaciones y mantenimientos. Además, a través de la dimensión 7D se puede realizar un estudio de su impacto ambiental mediante un análisis de la sostenibilidad del diseño y con su dimensión 8D aplicar la prevención de riesgos y errores como interferencias entre especialidades. [5]

Análisis bibliométrico – VosViewer (WOS)

El principal objetivo de realizar un análisis bibliométrico con *VosViewer* sobre la metodología BIM es para ver la evolución de esta en el tiempo y fundamentar su creciente utilización y las ventajas que tiene.

En el análisis con el software *VosViewer* se realizó el análisis y seguimiento de publicaciones de la base de datos de artículos científicos de Web of Science. El material analizado fueron los artículos relacionados con la temática *Building Information Modeling* en el periodo de 2006 a 2022 siendo un total de 1610 publicaciones seleccionadas utilizando como indicador la coocurrencia de palabras claves como *Building Information Modeling*, *models*, *design*, *management* o *construction* en los artículos como se ve en el siguiente mapa de red (ver figura 1).

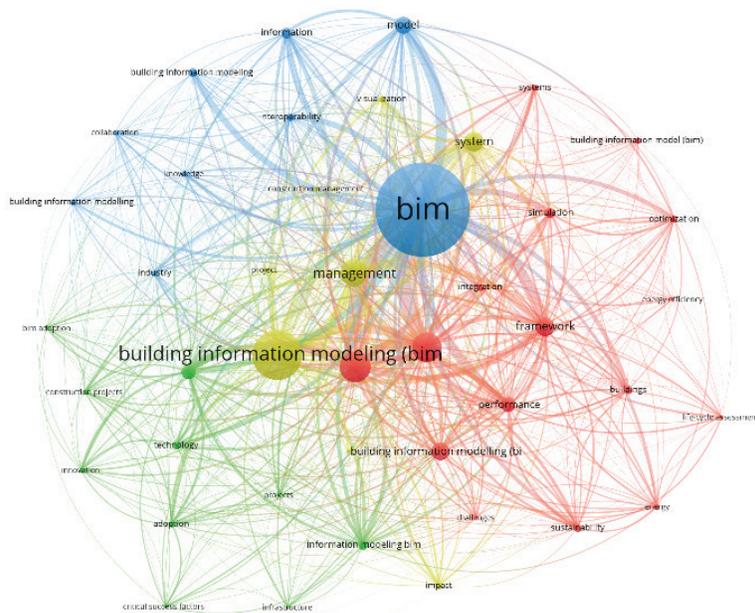


Figura 1. Mapa de red extraído de *VosViewer*.

Además, se extrajo un gráfico de barras (figura 2) de la plataforma de Web of Science (WOS) con la cantidad de artículos publicados desde 2006 a 2022.

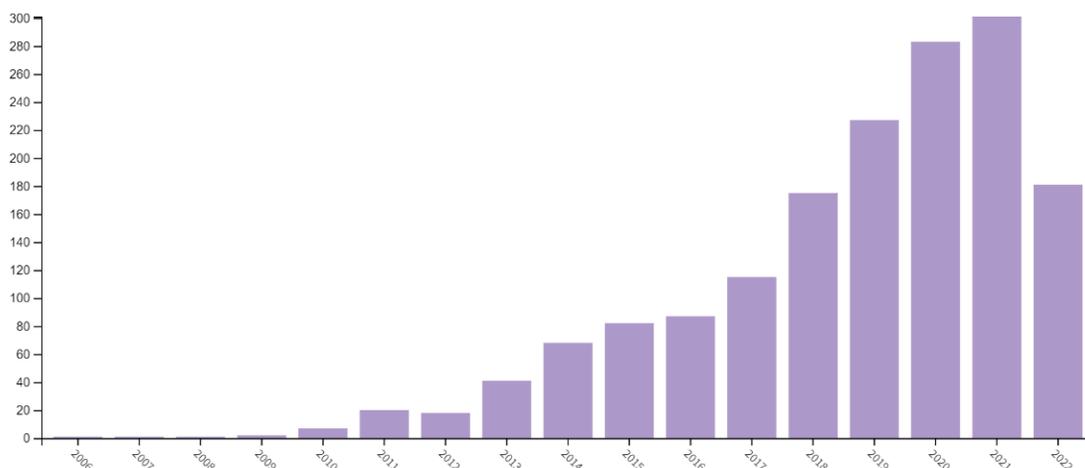


Figura 2. Gráfico de barras de Años de publicación extraído de Web of Science.

Mediante el gráfico se registra la cantidad de documentos del tema Building Information Modeling de la base de datos de WOS en la que se advierte un aumento desde 2006 con 1 solo documento publicado hasta el año 2021 con 301 o incluso el año 2022 que ya lleva 181 publicaciones. Gracias a esto se nota el aumento de interés y reconocimiento que cada año se le está dando a la metodología BIM.

Resultados

ANÁLISIS DE PROYECTOS

Vivienda unifamiliar en Xirivella (Valencia)

En [6] se realiza un enfoque práctico de una vivienda ubicada en Xirivella utilizando *Revit* de *Autodesk* de aproximadamente 91,46 metros cuadrados que consta de tres medianeras, con las viviendas colindantes ya edificadas.

Una vez que tiene identificada la vivienda y cuál es su tipología constructiva, que en este caso era de hormigón armado, procede al estudio previo del proyecto correspondiente a los planos, posible gracias a los aportados por el arquitecto, y se menciona que de igual manera más adelante fue necesaria más información constructiva. Posteriormente empezó el proceso de diseño, con el modelado en tres dimensiones y terminando con la proyección de la vivienda completa. En este trabajo se hace uso de LOD o también llamado level of development (figura 3) que ayuda a evaluar el nivel en el que se desarrollan proyectos de construcción [6].



Figura 3. Ilustración LOD. Fuente: [6]

Finalmente, menciona una comparación de información aportada en planos, concluyendo que Revit puede dotar a un mismo plano de mucha más información, gracias que al 'dibujar' no dibujan líneas sino elementos tridimensionales de tal manera que es más sencillo llegar a un plano con más informaciones la que se obtendría con metodología tradicional CAD. Ya con esta mirada netamente de lo que sería un archivo con mucha más información con respecto a espesores, diferentes vistas, ejes, vistas tridimensionales y una mejor presentación, se advierten ventajas con respecto a la metodología CAD.

Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnología BIM

En [7] se analizan tres proyectos utilizando un escenario supuesto, edificio Gran Santiago, Mall Paseo Estación y el edificio Ángel Cruchaga, los proyectos ya están completados y se desarrollaron de forma tradicional sin aplicar BIM.

El proyecto analiza los costos de implementación de la metodología para cada proyecto estudiado. Se tomaron en cuenta el alcance del modelo, el número de dibujantes, computadores con licencia, la duración de desarrollo del modelo y la asesoría de un experto BIM.

El beneficio evaluado fue el de la cantidad de obras extraordinarias que se podría evitar (con esto obteniendo mayor rentabilidad para el mandante) y el número de requerimientos de información que se detectan en etapas tempranas al construir un modelo virtual 3D de la obra a ejecutar. Para los tres proyectos analizados, mientras mayor fue el monto del proyecto mayor fue el posible ahorro con la aplicación de la metodología.

Otra aplicación vista en la memoria es la de la Ampliación Clínica Dávila en Santiago de Chile en la que se utilizó la metodología BIM con el objetivo de detectar interferencias entre especialidades (ver figura 4), esté teniendo un costo aproximado de 30 mil dólares - 0,1% del monto total del contrato. El ahorro estimado a la fecha de 2010 fue de 73 mil dólares al detectar 297 interferencias en el modelo.

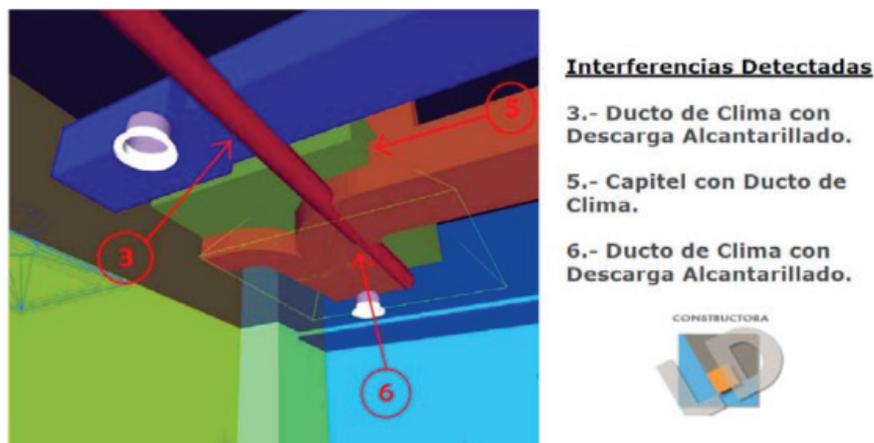


Figura 4. Interferencia de especialidades, Fuente: [7].

En [7] se concluye que el uso de BIM desde etapas tempranas y cambiando idealmente la forma tradicional de trabajar, se obtendrán beneficios en rentabilidad e incluso en la calidad del producto construido.

Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions [Modelado de información de construcción (BIM) para edificios ecológicos: una revisión crítica y direcciones futuras] [8]

Con los desarrollos recientes, BIM ha ganado una importancia creciente en la industria AEC (Arquitectura, ingeniería y construcción). Este artículo de la revista automatización en construcción muestra una revisión crítica de la conexión entre los edificios verdes o ecológicos con BIM que corresponde a su dimensión 6D. El uso de aplicaciones BIM para facilitar la construcción ecológica del medio ambiente ha recibido una creciente atención tanto en el mundo académico como en la industria. Basado en la revisión de artículos de revistas y 13 tipos de aplicaciones BIM, este estudio tiene como propuesta una taxonomía “Triángulo BIM Verde” para conceptualizar la relación entre BIM y el green building, y proporciona una mirada a los desafíos y ventajas de implementar BIM con el enfoque de la construcción sustentable.

Tres principales fases de la metodología BIM son examinadas críticamente, específicamente las contribuciones y aplicaciones de BIM en el ciclo de vida de los edificios verdes, las diversas funciones del análisis de sostenibilidad medioambiental proporcionados por los softwares BIM, y la integración de evaluación de edificios verdes (GBA) con BIM. [8].

Los hallazgos principales encontrados son los siguientes. En primer lugar, se analizó la aplicabilidad del uso de BIM en cada fase y en la totalidad del ciclo de vida del proyecto de edificios sustentables. Se descubrió que, si bien BIM se percibe principalmente como una herramienta vital para el diseño etapa de los edificios verdes, su valor potencial para la construcción, instalación y las fases de gestión de operaciones ha sido cada vez más reconocida. BIM podría facilitar el intercambio de datos y la integración, proporcionar visualización de análisis de desempeño de edificios, y mejorar la comunicación y colaboración de varias partes interesadas durante el ciclo de vida del proyecto.

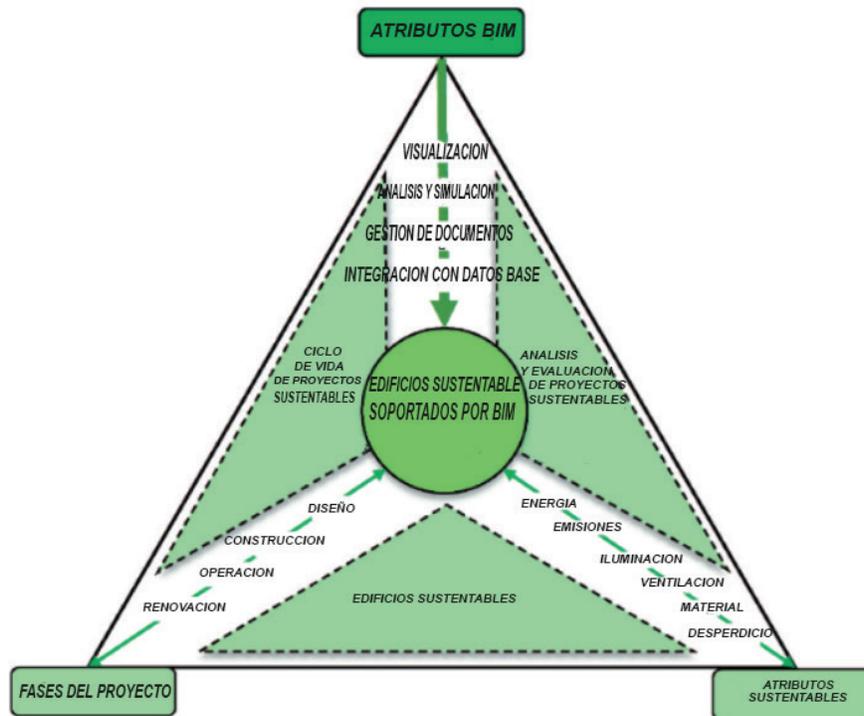


Figura 5. Taxonomía “Triángulo BIM Verde”. Fuente: Adaptado desde [8].

El segundo hallazgo es con respecto a las ventajas y desafíos de las funciones BIM para las que se discutieron los análisis de sostenibilidad ambiental de los edificios. Se identificaron 7 principales funciones para análisis de sostenibilidad los cuales fueron revisados, incluyendo análisis y evaluaciones de rendimiento energético, análisis de emisiones de carbono, análisis de sistemas de ventilación natural, análisis solar de radiación e iluminación, análisis de uso de agua, análisis acústico y análisis de confort térmico.

En tercer lugar, fue explorado el potencial de aplicar BIM para apoyar el proceso de evaluación de edificios verdes (GBA). Este estudio revela que las aplicaciones BIM verdes podrían traer varios beneficios para GBA, como la estimación de puntajes de GBA, la gestión de documentos de solicitud, y mejorar la eficiencia del proceso GBA.

En [8] y [9] se menciona que, aunque BIM podría agregar valor al desarrollo de edificios verdes, el empoderamiento de BIM verde no está exento de desafíos. El estudio identifica 6 brechas principales de conocimiento que deben ser respondidas por estudios futuros, incluyendo primero la débil interoperabilidad entre varias aplicaciones de sustentabilidad BIM; en segundo lugar la falta de apoyos para la construcción y fases de operación de edificios sustentables; como tercer punto la falta de estándares de la industria cubriendo holísticamente las diversas áreas de aplicación de BIM sustentable y estudios sobre las mejores prácticas de proyectos BIM verdes; cuarto, la baja aceptación industrial de las aplicaciones de la metodología en su ámbito sustentable para los proyectos; el siguiente punto sobre la baja precisión de los modelos de predicción basados en BIM, cabe mencionar que este punto ha ido mejorando a través de los años considerando que este artículo se publicó en 2017 y los softwares han ido mejorando; y por último la carencia de métodos apropiados de entrega de proyectos. Con esto se puede notar que existen oportunidades futuras de investigación para promover la metodología BIM en el ámbito de su dimensión de sostenibilidad. Este estudio proporciona una referencia importante tanto para los investigadores como para los profesionales que estudian BIM y los proyectos de construcción con una mirada ecológica. La propuesta “Triángulo BIM

Verde” (figura 5) proporciona un enfoque sistemático para la comprensión, destacando el cuerpo actual de conocimiento sobre BIM y la gestión de proyectos de construcción. Es útil ya que investigadores podrían utilizar este concepto como un marco guía para encontrar oportunidades de investigación relacionados a BIM y la sustentabilidad. De manera similar, este estudio ayuda a los profesionales a comprender las varias funciones del software BIM para edificios verdes [8].

Análisis de los factores financieros, técnicos y humanos que limitan la implementación de la metodología BIM en la fase de construcción del proyecto CEFE LAS COMETAS. [10]

El problema planteado en este trabajo de grado es que, si bien la adopción de la metodología de *Building Information Modeling* en el sector de la construcción en Colombia ha experimentado una tendencia creciente y aun teniendo claro las ventajas y desventajas de la implementación de BIM, no se evidencia las causas por las cuales el proyecto Centro de Felicidad las Cometas no lo ha implementado en la fase de la materialización del proyecto.

Las variables de este problema son: el factor económico necesario para la implementación de esta metodología en el proyecto, la adquisición de la infraestructura y tecnología apta para su utilización, la contratación de Profesionales expertos en la materia o *BIM Managers* y la dificultad y resistencia al cambio de metodología de trabajo desde la gerencia del proyecto. El trabajo de investigación se divide en 5 fases, comenzando por el análisis del estado actual de la adopción de la metodología BIM, el diagnóstico y análisis de problemáticas de la gerencia del proyecto CEFE LAS COMETAS, identificación de factores que limitan la implementación de la metodología en el proyecto, un análisis comparativo de estrategias BIM y por último la entrega de conclusiones y recomendaciones de acuerdo con los resultados obtenidos en cada fase [10].

Dentro de los factores que limitan la implementación se muestra un análisis de resultados obtenidos en el componente de la administración de la encuesta, advirtiéndose la percepción que tienen los involucrados respecto a la gestión administrativa, demostrando, según la encuesta, una carencia en el manejo del proceso del plan de gestión de costos según los encuestados.

Además, se presenta un análisis de los componentes económico, técnico, humano y cultura, de acuerdo con el juicio de expertos sobre la incidencia de los factores en los componentes.

Respecto a el componente económico, los factores vistos son el del costo de licencia y adquisición de software con un 80% de incidencia, siendo el principal factor de limitación económica, el factor ‘Aumento de honorarios de profesionales expertos en BIM’ presenta un 60% de incidencia, costo de adquisición de infraestructura tecnológica apta para el uso de la metodología presente una incidencia del 60%, estos tres factores son los de mayor incidencia dentro la implementación de BIM en el proyecto,

En relación con el componente técnico, los factores son la ausencia de especificaciones técnicas o detalles constructivos del proyecto con un 80% de incidencia, el cual es el más relevante en relación con la limitación para el uso de BIM, esto debido a que al inicio de la fase de construcción fueron identificadas inconsistencias en los planos y estudios técnicos. También la dificultad del cambio de la metodología tradicional a BIM con un 60% de incidencia, esto teniendo en cuenta que desde un comienzo el proyecto fue formulado en base a la metodología tradicional de trabajo y no a partir de la BIM, por lo cual se menciona que se debe efectuar una transición de cambio dentro de la fase de ejecución del proyecto, que evidentemente es una dificultad. El factor del tiempo necesario para la implementación de esta metodología también

presenta un 60% de incidencia, este factor es perceptible debido a que como se menciona en el trabajo de grado, si se realiza el traspaso sobre la marcha del proyecto se acortaran los tiempos de ejecución y es posible que los problemas sean identificados demasiado tarde.

Sobre el componente humano se tiene el factor de la necesidad de formación de profesional calificado en BIM con un 80%, el factor de la 'carencia de la calificación del recurso humano en conocimiento de la metodología' igualmente con un 80% y el factor de la 'resistencia del equipo al cambio de trabajo' que tiene una incidencia del 100%, factor que limita enormemente la implementación de la metodología, no solo se habla sobre más tiempo para realizar el cambio, sino que los miembros del equipo asocian el cambio a riesgo y se adopta una postura defensiva y desconfiada al respecto.

Cuadro 1. Tabla comparativa metodología BIM y 'CAD'.

	BIM	CAD
Descripción	Corresponde principalmente a una metodología con la cual se administra la información de un proyecto de construcción utilizando un modelo tridimensional.	Metodología basada esencialmente en un software para realizar y generar dibujos digitales en dos y tres dimensiones sin más información de sus elementos.
Flujo de trabajo	Alto en etapas tempranas y disminuye conforme se avanza a las siguientes etapas del proyecto.	Bajo al inicio del proyecto y aumenta en la etapa de documentación donde se necesita mayor cantidad de tiempo para los detalles, especificaciones, cortes y vistas.
Detección de errores	Facilidad para detectar interferencias o conflictos de especialidades debido a su mejor calidad de detalle.	Dificultad para detectar errores interdisciplinarios por falta de información, usualmente realizado empíricamente, generando más errores.
Corrección de errores	Se evita corregir múltiples veces debido a que gracias a los softwares disponibles se modifican en todas las vistas y planos automáticamente.	Si se tienen que realizar cambios o correcciones en el proyecto, hay que revisar y modificar cada uno de los dibujos de manera individual y manual, aumentando el riesgo de generar errores.
Colaboración y coordinación	Permite una mejora en la colaboración entre implicados en el proyecto, habilitando el trabajo en el mismo archivo en tiempo real. También permite mejorar la coordinación entre estos implicados para detectar y corregir errores e interferencias.	No permite la colaboración en un mismo archivo al mismo tiempo, además la coordinación entre especialidades se dificulta por falta de automatización.
Costos	Facilita el monitoreo de los costos del proyecto de construcción y permite la reducción de costos, debido a mejora de productividad.	No existe la función para monitorear costos en el proyecto.

Los principales beneficios de la metodología estudiada son, la capacidad que tiene BIM para gestionar la información de un edificio o proyecto constructivo durante todas las fases de su ciclo de vida utilizando un modelo 3D, todos los especialistas e implicados en el proyecto pueden colaborar en un mismo archivo al mismo tiempo mejorando el flujo de trabajo en las etapas tempranas que es el momento donde se alimenta el proyecto con información, detalles y especificaciones los cuales comienzan a disminuir a medida que se avanza en las siguientes etapas del proyecto, esto se puede traducir en una mejora de productividad y menor costo basándose en que se necesitaran menos horas hombre. Con respecto a costos, la metodología

BIM, facilita el monitoreo de este aspecto del proyecto. Otro punto a favor es la agilización de la documentación del proyecto, al crear un modelo del edificio las vistas, detalles y cortes se generan en base al mismo modelo. Por último, las correcciones se realizan una sola vez y automáticamente se actualiza en todas las vistas correspondientes, esto evita rehacer trabajos y disminuir en gran medida los errores, lo que conlleva a permitir una mejor coordinación entre las especialidades permitiendo detectar interferencias entre estas.

Los problemas en la aplicación de BIM no se refieren a la capacidad de la metodología ni de los softwares que conforman BIM, sino más bien a la implementación efectiva del sistema, capacitación y equipamiento. Dentro de una organización el problema más frecuente es el de no entender lo que significa la metodología BIM, siendo este uno de los desafíos más grandes en la implementación, si la organización no comprende el significado y la forma de operar BIM, sumado a que el coste de su implementación no es menor, los clientes no captarán el alcance que tendrá en los proyectos e incrementará el factor de resistencia al cambio tanto del equipo de trabajo como de los interesados.

Adicionalmente algunas limitaciones y consideraciones para tener en cuenta están asociadas con la capacitación del personal, el dominio de la dirección integrada de proyectos (DIP), las herramientas informáticas y la complementación de la metodología BIM con otras guías como paquetes de software como office [11].

Conclusiones y/o recomendaciones

Con respecto a los objetivos, durante el presente documento se presentaron ejemplos de estudios, exámenes de grado, tesis y artículos que demuestran la aplicación de la metodología BIM en la industria de la construcción y relacionado a la gestión de proyectos de construcción. Esto fundamentado con los objetivos específicos, comenzando por el análisis bibliométrico con la herramienta VosViewer, revisando palabras claves en los artículos de la base de datos Web of Science y realizando un análisis al gráfico de barras que WoS dispone, concluyendo que el interés sobre el tema BIM, o Building Information Modeling, está aumentando, esto se puede inferir del aumento de la cantidad de artículos publicados sobre el tema desde el año 2006 a 2022. [2]

En los proyectos analizados se muestran casos donde se utiliza BIM como alternativa a la metodología tradicional, analizando el costo de su implementación, detectando falencias y presentando oportunidades de mejora en la gestión de los proyectos. Además, se dio una mirada a sus múltiples usos con sus diferentes dimensiones ejemplificando con el artículo relacionado a la aplicación de BIM para edificios ecológicos, el cual presenta funciones de análisis para la dimensión 6D de la metodología. La principal idea con la presentación de estos proyectos es comparar la metodología BIM y la tradicional para hacer notar las ventajas y el impacto que tiene BIM, para esto se presentó una tabla comparativa entre metodologías y presentando algunas desventajas y limitaciones en el uso de BIM. [8]

Finalmente, para responder el último objetivo específico, 'Reflexionar sobre las principales barreras que tiene BIM para implementarse en proyectos de construcción.', se presentó el caso del trabajo de grado de los factores que limitan la implementación de la metodología en la obra Centro de Felicidad las Cometas en Colombia, se evidenció en el estudio que analizó los componentes económicos, teniendo como factores más incidentes la adquisición de software y capacitación de personal, técnicos, como factores incidentes el tiempo para realizar el cambio de metodología tradicional a BIM y la carencia de información suficiente para trabajar con la metodología, y el componente humano en el cual es factor más incidente es el de 'resistencia al cambio'. Este punto es el punto clave y es, sino la más grande, una de las más grandes barreras

en la implementación de BIM en la gestión de proyectos de construcción a nivel mundial. El tema de pasar de la metodología tradicional a BIM conlleva, capacitaciones, aprendizaje de un nuevo método de trabajo colaborativo, adaptación a softwares y mejoramiento digital. [10]

Todo esto lleva a los profesionales a pensar en factores como aumento de trabajo y responsabilidades, desconfianza y relacionar el cambio al concepto de riesgo.

Este último componente deja en evidencia que, las principales limitaciones para la transformación digital y para mejorar los procesos no son tecnológicas sino humanas.

Referencias

- [1] L. X. Sierra Aponte, «Gestión de proyectos de construcción con metodología BIM “Building Information Modeling”», 2016.
- [2] A. H. E. Sepúlveda Zambrano, «Impactos en la implementación de la metodología BIM en el sector construcción: una revisión sistemática de la literatura científica desde el 2015 hasta el 2019», 2021.
- [3] D. C. Naranjo Bejarano, «Implementación de la metodología BIM para la gestión de proyectos de construcción», 2021.
- [4] J. Torroglosa Díaz, «Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura: un proyecto con REVIT», PhD Thesis, Universitat Politècnica de València, 2018.
- [5] L. Alvarado Acuña, J. Huidobro Arabia, y S. Acevedo Acevedo, «Propuesta de un modelo para integrar la metodología BIM 4D y 5D con la gestión de proyectos en el sector inmobiliario de Antofagasta, Chile.», 2018.
- [6] J. M. Zaragoza Angulo y J. M. Morea Núñez, «Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura», 2015.
- [7] R. O. L. Saldías Silva, «Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM», 2010.
- [8] Y. Lu, Z. Wu, R. Chang, y Y. Li, «Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions», *Autom. Constr.*, vol. 83, pp. 134-148, 2017.
- [9] V. A. M. Pacheco, R. F. H. Valencia, F. C. M. La Ribera, y G. C. C. Miranda, «Evaluación técnico-económica de modelación y coordinación bim en proyectos de edificación de mediana envergadura: un caso de estudio», *J. Bim Constr. Manag.*, vol. 1, n.º 1, pp. 1-10, 2019.
- [10] J. A. Bermúdez-Zúñiga y M. A. Castrillón-Parada, «Análisis de los factores financieros, técnicos y humanos que limitan la implementación de la metodología BIM en la fase de construcción del proyecto CEFÉ Las Cometas», 2022, Accedido: 28 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/27244>
- [11] G. Oussouboure y R. D. Victore, «La asignación de recursos en la Gestión de Proyectos orientada a la metodología BIM.», *Rev. Arquít. E Ing.*, vol. 11, n.º 1, p. 4, 2017.