

INTEGRACIÓN ENTRE BUILDING INFORMATION MODELING Y PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE COMO PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS.

Javier Mauricio Contreras Socarrás¹, Yeison Javier Garzón Burgos², Adriana Gómez Cabrera³ y Rodrigo Misle Rodríguez⁴

Pontificia Universidad Javeriana, Cra. 7 No. 40 - 62, Bogotá

Fecha de recepción: 19 de abril de 2018 — Fecha de aceptación: 13 de septiembre de 2018

RESUMEN

La industria de la construcción tiene un impacto directo sobre el crecimiento económico de un país. El sector de la construcción ha implementado diferentes metodologías para la gestión de proyectos a lo largo de la historia, pero las diferencias entre los tiempos y los costos se presentan constantemente a nivel mundial. Por otro lado, los proyectos de construcción cada vez son más complejos, lo que aumenta los riesgos y exige la utilización e implementación de nuevas técnicas y herramientas. La metodología BIM (Building Information Modeling por sus siglas en inglés) y las buenas prácticas en gestión de proyectos descritas por el Project Management Institute (PMI por sus siglas en inglés) han tomado fuerza en los últimos años, demostrando ser estrategias eficientes para una adecuada gestión de proyectos. En este artículo, se presentan los resultados de una investigación, la cual implementó el diseño de una metodología para integrar estas dos herramientas. Esta metodología se utilizó en un estudio de caso en Bogotá, Colombia. Los resultados obtenidos evidencian importantes beneficios tales como la reducción de los tiempos de ejecución de obra, así como que los importes de los presupuestos sean acordes a la realidad y por último ofreciendo soluciones efectivas cuando se presentan los imprevistos en la gestión del proyecto.

PALABRAS CLAVE:

Building Information Modeling (BIM), Project Management Institute (PMI), Tecnología de la Información, Desviaciones en Tiempo y Costo, Gestión de Proyectos.

INTEGRATION BETWEEN BUILDING INFORMATION MODELING AND PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE AS A METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE MANAGEMENT OF PROJECTS.

ABSTRACT

The construction industry has a direct impact on the economic growth of a country. The construction sector has implemented different methodologies for the management of projects throughout history, but the differences between times and costs are constantly presented worldwide. On the other hand, construction projects are increasingly more complex, which increases the risks and requires the use and

¹contreras.javier@javeriana.edu.co

²garzon.yeison@javeriana.edu.co

³adrianagomez@javeriana.edu.co

⁴rmisle@javeriana.edu.co

implementation of new techniques and tools. The BIM methodology (Building Information Modeling for its acronym in English) and good practices in project management described by the Project Management Institute (PMI for its acronym in English) have gained strength in recent years, proving to be efficient strategies for an adequate project management. In this article, the results of an investigation are presented, which implemented the design of a methodology to integrate these two tools. This methodology was used in a case study in Bogotá, Colombia. The results obtained show important benefits such as the reduction of construction execution times, as well as the fact that the budget amounts are in line with reality and finally offering effective solutions when unforeseen events arise in the management of the project.

KEYWORDS:

Building Information Modeling (BIM), Project Management Institute (PMI), Information Technology, Deviations in Time and Cost, Project Management.

1 INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción durante años ha sido un sector tradicional, en el cual se ha evidenciado que son pocas las empresas de construcción las que han implementado las buenas prácticas en la gestión de proyectos (PMI, 2007). Si bien es cierto que hay profesionales que utilizan metodologías para la gestión de proyectos, la gran mayoría de los agentes involucrados no se han convencido de los beneficios que se pueden obtener, pues consideran que se trata de un costo innecesario, en gran medida esto se debe a la falta de

estudios que demuestren los beneficios de las mismas (De Dobbeleer, 2015). Ahora bien, hay que advertir que los proyectos de construcción son cada vez más complejos y difíciles de direccionar (Bryde, Broquetas, & Volm, 2013), razón por la cual es necesaria una adecuada gestión de proyectos, con el fin de lograr el éxito.

Conforme a lo indicado, resulta necesario contextualizar al lector presentando algunos ejemplos de proyectos donde no hubo una adecuada gestión y por ende hubo sobrecostos en los mismos:

Tabla 1. Proyectos con sobrecostos significativos. (Audit Scotland, 2004)

Proyecto	Costo Estimado (en millones)	Costo final (en millones)
Sydney Opera House	AUD 7	AUD 102
Nat West Tower	£15	£115
Thames Barrier Project	£23	£461
Scottish Parliament	£195	£414
British Library	£142	£511

Teniendo en cuenta las desviaciones presentadas en la

Tabla 1, surge la necesidad de implementar alternativas para la gestión de proyectos, mediante la implementación de métodos, técnicas y herramientas innovadoras, que contribuyan a controlar y mejorar las probabilidades de éxito de los mismos.

Estudios han demostrado que la implementación de buenas prácticas en la gestión de los proyectos beneficia al desempeño de los mismos, aumentando la probabilidad de éxito y mejorando la confianza que requieren los inversionistas, al igual que todos los interesados (Jiang et al, 2004) (Mullaly, 2006). Actualmente hay dos estándares de gestión de proyectos con gran influencia a nivel mundial, conocidas como: PMBOK®, con su origen en los Estados Unidos y PRINCE2 originado en la Unión Europea (Montes & Perez, 2014).

No existe en la literatura, una metodología que integre las buenas prácticas descritas en el estándar del PMI, con una metodología que facilite el trabajo colaborativo entre los participantes de un proyecto como es la tecnología BIM¹, que permita mejorar la colaboración y comunicación efectiva con el fin de obtener diseños más eficientes, puesto que la forma de trabajo de los diseñadores, constructores y personal operativo, que intervienen en un proyecto, se desarrolla de forma independiente generando incompatibilidades en la documentación de la construcción. Para promover el trabajo en conjunto entre los diferentes agentes, la metodología también permite la “construcción” virtual del proyecto, donde se puede evidenciar que el aporte de

cada uno compagine con el resto. Por último, la modelación con tecnología BIM conjuga las propiedades geométricas de la modelación 3D con la adición de nuevos parámetros sumando dimensiones como: 4D tiempo – programa de obra, 5D costo - presupuesto, 6D aplicaciones operacionales - Análisis de eficiencia energética, ventilación, iluminación, análisis estructural, entre otros y 7D aplicaciones relacionadas - Logística, contratación, compras, manejo de proveedores. (Smith and Tardif, 2009). Con esto, como lo indica (Caicedo & Flórez, 2010), se busca que, a mayor detalle de los estudios y diseños previos, menores serán las situaciones imprevistas en las obras, mejorando cada vez más los presupuestos, y brindando la oportunidad de que los diseños estén menos vulnerables a presentar insuficiencias en su etapa de ejecución.

En virtud de lo planteado, se crea la hipótesis de esta investigación, que consiste en integrar la tecnología BIM con las mejores prácticas recopiladas por PMI para generar mayor beneficio a la dirección de proyectos. Lo cual se comprueba con un estudio de caso de un proyecto de construcción de una edificación de 10 pisos y 2 sótanos, en Bogotá, Colombia.

2 METODOLOGÍA

Para la realización de esta investigación, se plantearon 3 fases, las cuales son explicadas a continuación. **FASE I**, corresponde a un análisis de la información, **FASE II**, corresponde a diseño de la metodología que integra PMI más la tecnología BIM y la **FASE III**, corresponde a la implementación de la metodología propuesta en un estudio de caso. A

¹ BIM es un tipo de software utilizado en la planeación y ejecución de proyectos de arquitectura e ingenierías, con el fin de producir un modelo tridimensional del proyecto y a la vez crear una base de datos con la

información que corresponde a las propiedades de los elementos que componen dicho modelo. (Construdata,2018)

continuación, se muestra en la las fases y sus actividades.

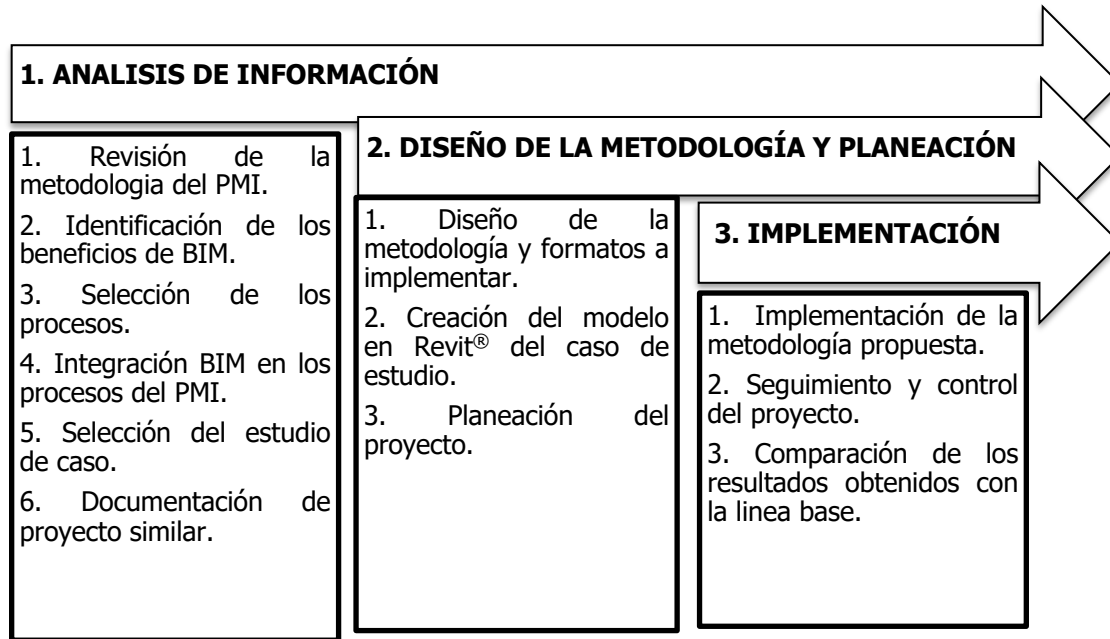


Figura 1. Esquema de las fases propuestas como metodología.

En la **FASE I** se realizó una revisión de la metodología PMI e identificación de los beneficios de la tecnología BIM, los cuales serán explicados a continuación: 1.) Revisión de la metodología del PMI: La cual consistió en desarrollar un resumen de los 47 procesos para la dirección de un proyecto descritas en el PMBOK®. Para cada uno, se caracterizaron las entradas, herramientas y técnicas que se puedan aplicar y las salidas que se obtienen. 2.) Identificación de los beneficios de la tecnología BIM: Mediante la revisión bibliográfica se identificaron los beneficios de la tecnología BIM durante las fases de un proyecto como son: diseño, construcción y operación. 3.) Selección de los procesos: Posteriormente, para la selección de procesos se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: se involucraron profesionales con certificación PMP con conocimiento en el uso de la tecnología BIM, disponibilidad de

tiempo, intereses en el trabajo desarrollado, años de experiencia en el medio y manejo de las herramientas de BIM, se les enviaron encuestas con videos y presentaciones dinámicas que describían los usos y beneficios de la tecnología BIM, con el fin de que realizaran un análisis de los 5 grupos de procesos, 10 áreas de conocimiento y 47 procesos que involucra el PMBOK dándoles a escoger que procesos se pueden adaptar mejor en la tecnología BIM , (mediante encuesta cerrada) , identificando los procesos descritos en el PMBOK®, en pro y beneficio de adaptar la tecnología BIM como complemento para la dirección de proyectos. Con respecto a la selección de procesos, los expertos identificaron trece procesos que se pueden involucrar dentro de la tecnología BIM. 4.) Integración de la tecnología BIM en los procesos del PMI: En este ítem se identificó la manera de utilizar BIM dentro de los procesos seleccionados

por los expertos PMP en el paso anterior, mediante el apoyo de un experto. 5.) Selección del estudio de caso: Posteriormente, para llevar a cabo esta actividad se realizaron visitas a diferentes empresas constructoras, donde se establecieron unos criterios de comparación y evaluación, tales como: a.) Nivel de gestión de proyectos en el cual se encuentra la empresa, b.) Grado o nivel de madurez organizacional, c.) Proyectos próximos a iniciar por la empresa y d.) Interés de la empresa con respecto a la investigación a desarrollar. De acuerdo a lo anterior, se seleccionó la empresa y el proyecto a implementar el estudio de caso. 6.) Documentación del proyecto similar: Finalmente, se realizó una caracterización de un proyecto similar al estudio de caso, el cual sirvió para comparar los resultados obtenidos en esta investigación, conocido como línea base, se documentaron las desviaciones presentadas en el proyecto tanto en alcance, tiempo y costo. Así mismo las herramientas que la empresa utilizó para llevar a cabo la planeación y los procesos y áreas de conocimiento que de manera empírica se utilizaron en la dirección del proyecto.

En la **FASE II**, la cual corresponde al diseño de la metodología y planeación, se llevaron a cabo reuniones con expertos en gestión de proyectos para diseñar la metodología y los formatos que se utilizaron durante el control de la dirección del proyecto seleccionado. Se tuvieron en cuenta las siguientes actividades: 1.) Creación del modelo en BIM del caso de estudio: se desarrolló el modelo, el cual es una representación digital de las características físicas y funcionales del proyecto. Para esto se contó con ayuda de la herramienta Revit®, el cual es un software que hace parte de Autodesk Building Design Suite. 2.) Planeación del proyecto: esta fase

terminó con la planeación del proyecto mediante el uso de la metodología diseñada (PMI+BIM). En ésta se realizaron reuniones con los diferentes interesados del proyecto. De igual forma se estableció un trabajo colaborativo para complementar la información del modelo, y los formatos que se desarrollaron para la ejecución, seguimiento y control del proyecto.

En la **FASE III** se realizó la implementación, las actividades que contienen esta fase son las siguientes: 1.) Implementación de la metodología propuesta: consistió en implementar la metodología propuesta, mediante la creación de una estructura de desglose (EDT). 2.) Seguimiento y control del proyecto: Mediante la técnica conocida como gerencia de valor ganado (EVM), que permitió medir el desempeño y favoreció con la documentación de las desviaciones presentadas durante la ejecución del proyecto. 3.) Comparación de los resultados obtenidos con la línea base (proyecto similar): Con las desviaciones en alcance, tiempo y costo obtenidas de esta investigación, se realizó una comparación con un proyecto similar, en el cual no se utilizó ninguna metodología para su dirección, con el fin de evaluar la implementación de la metodología propuesta.

3 RESULTADOS

3.1 FASE I

Se seleccionaron 13 procesos de los 47 definidos por el PMI para la dirección de los proyectos, como se muestra en la Gráfica 1 en los cuales se pudo involucrar la metodología BIM, adaptándola como complemento para el adecuado desarrollo del proyecto. De igual forma, mediante la

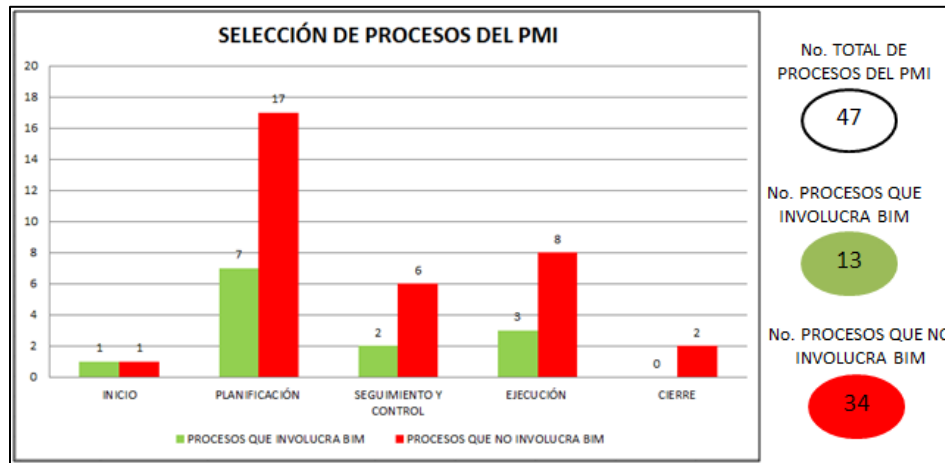
revisión de la literatura se identificaron los diferentes beneficios de la metodología BIM durante todo el ciclo de los proyectos. A continuación, en la tabla 2, se describen

los procesos, la etapa en la que se involucra dentro del proyecto, el área de conocimiento a la que corresponde y el uso en la tecnología BIM.

Tabla 2. Procesos seleccionador para utilización de la tecnología BIM

Proceso	Área de conocimiento	Etapa	Uso de la Tecnología BIM en el proceso
1.Desarrollar el acta de constitución del proyecto.	Integración	Inicio	Mediante el modelo desarrollado, se logra identificar de una forma más adecuada y detallada los aspectos más relevantes para la creación del acta de inicio.
2.Recopilar requisitos	Alcance	Planificación	Con la tecnología BIM se puede identificar los requisitos relevantes del proyecto, los cuales ayudan con la identificación del alcance.
3.Definir el alcance	Alcance	Planificación	Mediante el modelo se puede visualizar aspectos relevantes para definir el alcance del proyecto
4.Definir las actividades	Tiempo	Planificación	La tecnología BIM ayuda a identificar las actividades a ejecutar durante el desarrollo del proyecto.
5. Estimar los costos	Costos	Planificación	La tecnología BIM ayuda a la identificación de los costos y a la estimación del presupuesto del proyecto.
6. Planificar la gestión de las comunicaciones.	Comunicaciones	Planificación	Mediante la tecnología BIM se puede llevar el record de cambios del modelo y mejorar la planificación de las comunicaciones entre los diferentes interesados y especialistas que involucran el desarrollo del proyecto.
7. Identificar los riesgos	Riesgos	Planificación	Con el modelo de la tecnología BIM se puede mejorar la identificación de los posibles riesgos positivos y negativos del proyecto.
8. Planificar la gestión de las adquisiciones	Adquisiciones	Planificación	La tecnología BIM ayuda con la planificación de los materiales e insumos del proyecto, ya que se puede obtener cantidades y se puede visualizar como se va desarrollar el

			proceso constructivo mediante el modelo en 3D.
9. Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto.	Integración	Ejecución	Con la tecnología BIM se pueden involucrar los interesados del proyecto para gestionar y dirigir de una forma más adecuada la ejecución del proyecto, revisando los modelos en 3D para darle una mejor trazabilidad a la ejecución.
10. Gestionar las comunicaciones del proyecto.	Comunicaciones	Ejecución	Mediante la tecnología BIM se puede llevar el record de cambios del modelo y mejorar la gestión de las comunicaciones entre los diferentes interesados y especialistas que involucran el desarrollo del proyecto.
11. Dar seguimiento y controlar el trabajo de proyecto.	Integración	Seguimiento y control	Mediante la tecnología BIM se puede realizar seguimiento y control de las actividades desarrolladas e identificar los procesos constructivos en ejecución.
12. Validar el alcance	Alcance	Seguimiento y control	Con la tecnología BIM se puede realizar la validación del cumplimiento del alcance del proyecto.
13. Controlar los costos	Costo	Seguimiento y control	Con la tecnología BIM se puede realizar el control de los costos, mediante la identificación de actividades ejecutadas y pendientes por ejecutar, las cuales se pueden visualizar en el modelo 3D.



Gráfica 1. Selección de procesos del PMI.

Adicionalmente, se seleccionó el proyecto estudio de caso mediante un análisis multicriterio realizado a cinco constructoras de edificaciones de gran renombre en la ciudad de Bogotá (por solicitud de las empresas nos reservamos sus nombres), para lo anterior, se tuvieron en cuenta cuatro criterios a evaluar, los cuales se referencian a continuación: 1.) El nivel de Gestión de proyectos en el cual se encuentra la empresa, 2.) El grado o nivel de madurez organizacional de la empresa, 3.) Proyectos que estuvieran próximos a iniciar dentro de la empresa, y por último 4.) El interés de la empresa con respecto a la investigación que se va a desarrollar, para lo cual se estableció una calificación de 1 a 5,

donde 1 corresponde a muy bajo nivel y 5 corresponde a un muy alto nivel.

Una vez realizado este análisis, se seleccionó el proyecto estudio de caso ubicado en la ciudad de Bogotá, el cual contempla la construcción de 2 sótanos y 10 pisos, para un total de 21 unidades de vivienda.

Posterior a esto se documentó la manera en que la constructora gestiona los proyectos de construcción y se seleccionó un proyecto similar al estudio de Caso, donde obtuvieron una desviación en tiempo del 30% y en costo del 10% respecto a lo planeado. En la Tabla 3. se muestra la comparación entre estos proyectos.

Tabla 3. Comparación entre proyectos.

CRITERIO	PROYECTO SIMILAR	(ESTUDIO DE CASO)
1.SISTEMA CONSTRUCTIVO	Sistema constructivo convencional aporticado	Sistema constructivo convencional aporticado
2.NUMERO DE PISOS Y SOTANOS	NUEVE (9) PISOS Y 2 SÓTANOS	DIEZ (10) PISOS Y 2 SÓTANOS.

3.TOTAL ÁREA CONSTRUIDA	3.650 m2	3.800 m2
4.ÁREA DE LOTE	630 m2	650 m2
5.NUMERO DE VIVIENDAS	24	21
6.METODOLOGÍA PARA DIRECCIONAR EL PROYECTO	NO IMPLEMENTARON NINGUNA METODOLOGÍA	METODOLOGÍA PMI+BIM
7.PROCESOS UTILIZADOS PARA DIRECCIONAR EL PROYECTO	OCHO (8) PROCESOS	CUARENTA Y SIETE (47) PROCESOS
8.HERRAMIENTAS UTILIZADAS	1.-Microsoft office (Excel, Word, project). 2.AUTOCAD 2D 3.Programa de contabilidad	1. Microsoft office (Excel, Word, project). 2. AUTOCAD 2D y BIM (REVIT 2016). 3.Programa de contabilidad
9. PORCENTAJE (%) QUE REPRESENTA LAS ETAPAS DE CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA EN EL PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO	39%	42%
10. Desviación en Tiempo	30%	12%
11. Desviación en Costo	10%	3%

3.2 FASE II

En esta fase, se desarrolló la metodología que integra a PMI con BIM, esta metodología, es una adaptación de la Guía de los Fundamentos (Guía del PMBOK ®) la cual proporciona pautas para la dirección de proyectos de construcción y define conceptos relacionados con la dirección de proyectos.

La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Esta aplicación de conocimientos requiere de la gestión eficaz de los procesos de dirección de proyectos.

La metodología PMI+ BIM establece 47 procesos para la dirección de proyectos de construcción, los cuales se agrupan en cinco categorías conocidas

como Grupo de Procesos de la dirección de proyectos: A.) **Grupo de procesos de inicio:** Aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o nueva fase de un proyecto existente. B.) **Grupo de procesos de planificación:** Aquellos procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto. C.) **Grupo de procesos de ejecución:** Aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de satisfacer las especificaciones del mismo. D.) **Grupo de procesos de seguimiento y control:** Aquellos procesos requeridos para rastrear, revisar y regular el progreso y desempeño del proyecto, para identificar

áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes. E.) **Grupo de procesos de cierre:** Aquellos procesos realizados para finalizar formalmente el proyecto.

La información suministrada por la empresa constructora consto de: los planos estructurales, los planos arquitectónicos, el presupuesto con cantidades de obra, así como imágenes y renders del proyecto Caso de estudio.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó un análisis de los planos estructurales que fueron la base para realizar el modelo en Revit, puesto que contenían información tales como: detalles de elementos, características geométricas y materiales.

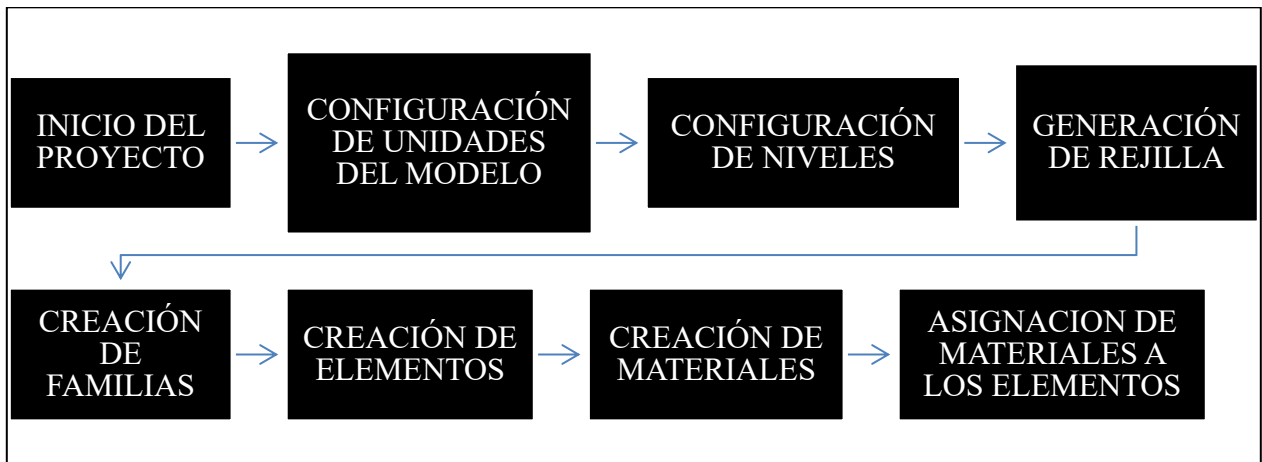


Figura 2. Configuración del Modelo en BIM.

Al iniciar el modelo se establece las unidades de trabajo, en este caso se utilizó el sistema métrico por metros y centímetros. Posterior a esto se definen los niveles o plantas del proyecto las cuales fueron 10 para el caso de estudio, estos niveles se definen en la parte arquitectónica de

Autodesk Revit©. Finalmente se crea una rejilla o plantilla de trabajo, al igual que los elementos, familias y materiales que se van a utilizar en el desarrollo del modelo.

Al finalizar la modelación del edificio se comprobó que los planos

arquitectónicos y estructurales suministrados por la constructora contenían errores que se corrigieron por medio de la generación de nuevos planos desde el modelo BIM.

Finalmente, la Fase II termina con la planeación del proyecto mediante el uso de la metodología diseñada (PMI+BIM), donde se desarrolló el plan para la Dirección del proyecto el cual define la manera en que el proyecto se ejecuta, se controla y se cierra. El beneficio clave de este proceso es un documento central que define la base para todo el trabajo del proyecto. El modelo BIM permite obtener cantidades de obra a partir de sus atributos geométricos y las asignaciones de materiales. Para la etapa de planeación, se obtuvo las tablas de cantidades de obra mediante el uso de Autodesk Revit® para la excavación y estructura del edificio. En primer lugar, se establece el tipo y la unidad de las cantidades que se desea extraer del modelo. Para la excavación se extrajeron volúmenes de material, al igual volúmenes de concreto

para la limpieza y la losa de cimentación. Para la estructura se extrajeron cantidades para columnas y losas de entrepiso. Estas cantidades permitieron definir la línea base de costo del proyecto de una manera más eficiente.

3.3 FASE III

La fase final de esta investigación consistió en implementar el **PLAN PARA LA GESTIÓN DEL PROYECTO**, desarrollado en la fase anterior. Una de las finalidades de la metodología desarrollada en esta investigación fue integrar la tecnología BIM durante el seguimiento y control del proyecto. Uno de los procesos ejecutados usando la tecnología BIM, fue el control de calidad de los elementos estructurales, para esto los resultados de los ensayos realizados al concreto se insertaron al modelo y se generaron señales de alerta, lo cual permitía de una manera visual verificar cuales elementos estructurales no cumplían con la resistencia y poder tomar las decisiones a tiempo.

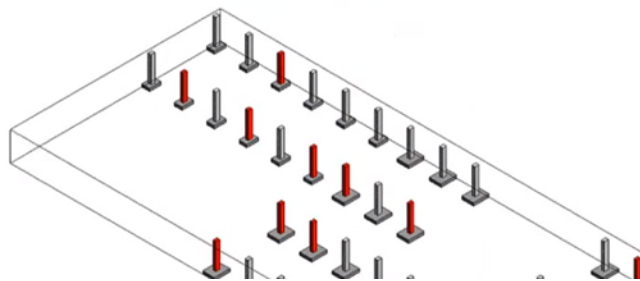


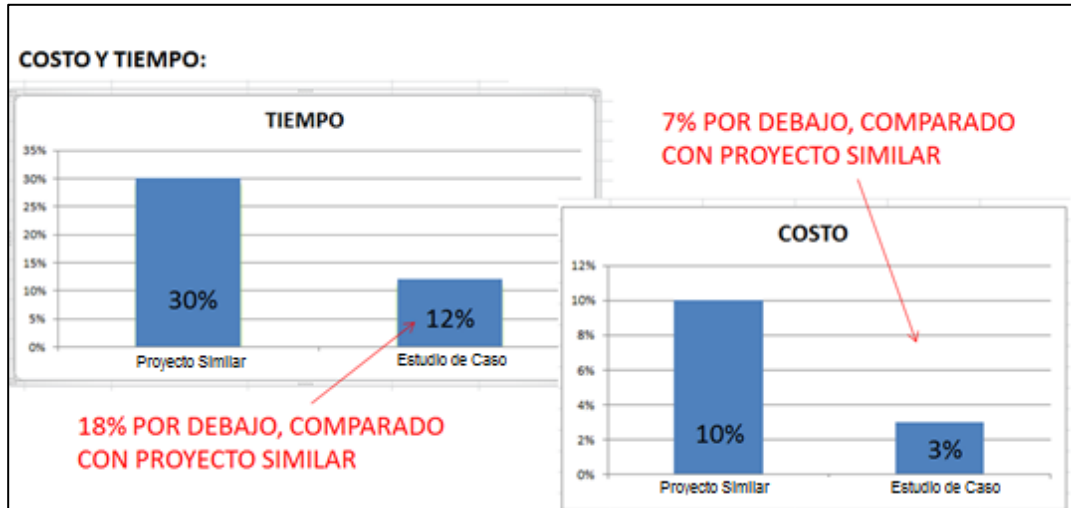
Figura 1. Control de calidad de elementos estructurales, uso de BIM. Fuente: propia.

Una vez terminado el entregable de excavación y estructura, se realizó una comparación de las desviaciones presentadas del estudio de caso respecto al

proyecto similar. En cuanto a tiempo se presenta un 18% por debajo y en costo un 7% por debajo con respecto a lo reportado en el proyecto similar. Manteniendo en este

caso una desviación en tiempo del 12% (atraso) y un sobrecosto del 3%, como se

muestra a continuación en las siguientes gráficas:



Gráfica 2. Comparación de resultados desviaciones de proyecto similar y estudio de caso.

Por otro lado, se evidencia en la Figura 2 los riesgos identificados durante la planeación del proyecto, identificando que de los diez riesgos planeados se presentaron dos de estos, como fueron las lluvias fuertes y demoras en despacho de material de

proveedores. Con respecto a los riesgos no planeados (no previstos) durante la ejecución del proyecto ocurrió una interrupción debido a una huelga del sindicato de transportistas así como la mala selección de proveedores.

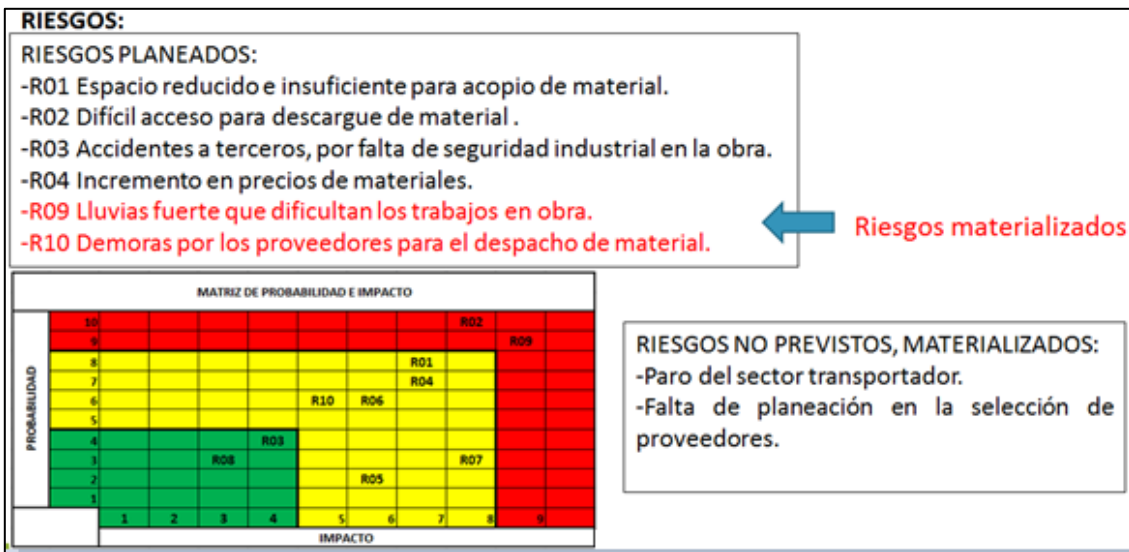


Figura 2. Matriz de probabilidad e impacto de riesgos. Fuente: propia.

Para terminar, el uso de la tecnología BIM le permitió a los administradores del proyecto visualizar de una manera más eficiente el estado actual de las actividades comparado con lo planeado mediante la implementación del Valor Ganado (EVM), a manera de ejemplo en la Figura 3 se

muestra: en una determinada fecha se tenía planeado ejecutar actividades de excavación, concreto pobre, placa de cimentación y columnas, y realmente se ejecutó excavación y concreto pobre, identificando desviaciones de atraso en el desarrollo del proyecto.

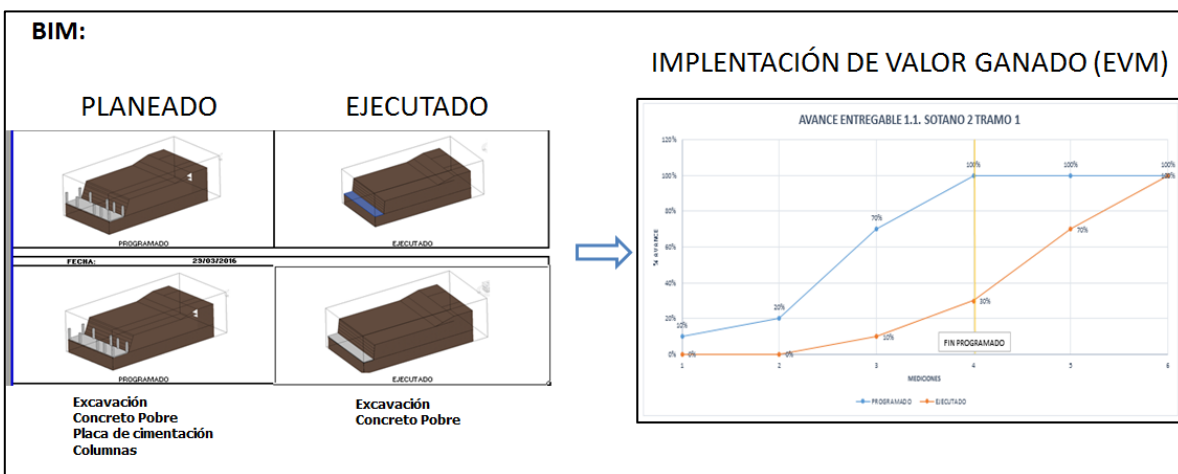


Figura 3. Implementación de BIM durante el desarrollo del proyecto.

Mediante la integración de estas dos metodologías PMI+BIM se comprobó, que la implementación de las buenas practicas descritas por el PMI y el uso de la tecnología BIM pueden servir para minimizar riesgos y desviaciones respecto al plan inicial. Adicionalmente, se logró verificar que la utilización de BIM permitió ahorrar costos a la constructora, ayudando a identificar riesgos que hubieran causado sobrecostos al proyecto. Por otro lado, mejoró el trabajo coordinado entre los interesados del proyecto, puesto que al generar un modelo de la excavación y estructura se pudo identificar varias incongruencias en los diseños iniciales lo cual beneficio a disminuir los problemas en la etapa de ejecución.

4. DISCUSIÓN

Según el PMI® en la guía de fundamentos PMBOK®, la dirección de proyectos se logra mediante la integración adecuada de 47 procesos de dirección de proyectos agrupados de manera lógica a través de cinco grupos de procesos: iniciación, planeación, ejecución, monitoreo y cierre. Aunque existe a través del PMI® un estándar de fundamentos para la gestión de proyectos, es una realidad que las empresas de construcción que existen en Colombia ya sean pequeñas, medianas o grandes, muy pocas de ellas aplican o acogen este estándar para optimizar el manejo de sus proyectos y maximizar el control y monitoreo de los mismos (Vargas, 2016). Mediante el desarrollo de esta investigación se comprobó que la implementación de una metodología que integra las buenas practicas descritas por el PMI y la tecnología BIM, genera una planeación rigurosa de una de las etapas más

importantes para el proyecto como lo es la excavación y estructura dejando como resultado la utilización racional de los recursos, la previsión anticipada de riesgos y el trabajo coordinado entre los diferentes actores.

Conforme a Bryde et al (2013), el cual hace referencia a que los proyectos de construcción son cada vez más complejos y difíciles, es fundamental implementar una adecuada gestión de proyectos, donde se relacionen las 10 áreas de conocimiento que hace referencia la guía de los fundamental del PMBOK®, con el fin de lograr el éxito.

Por otro lado, de acuerdo a Tomek et al (2014), en un estudio realizado, en el cual se implementó la tecnología BIM metodológicamente en una empresa constructora, se obtuvo como resultado la ayuda del trabajo colaborativo, aportando beneficios positivos durante la gestión de riesgos de los proyectos, lo mismo ocurrió en el proyecto estudiado, pues la participación activa de los agentes intervinientes y la preocupación de cada uno de ellos de ser coherente con el trabajo del otro, fue de gran importancia para que el proyecto no tuviera desviaciones. También, vale la pena resaltar que mediante la visualización del modelo BIM de la excavación y estructura se pudo evidenciar algunos riesgos como el deficiente sistema constructivo planteado por uno de los profesionales del proyecto, dando la oportunidad de corregir el sistema previo a su implementación, evitando una vez más imprevistos que pudieron generarse durante el desarrollo del proyecto de no haberse percibido el error.

Para terminar, por lo menos en este caso de estudio se encontró evidencia de que la implementación de la metodología PMI

junto con la tecnología BIM ayuda a resolver problemas durante las diferentes etapas de la ejecución de un proyecto (Eadie et al., 2013). En esta investigación se verificó que la implementación de la metodología ayudó a identificar de forma previa riesgos representativos, que de haber ocurrido hubiera generado mayores costos al proyecto. Por otro lado, mejoró la coordinación entre los interesados del proyecto, puesto que al generar un modelo en 3D de la excavación y estructura, se pudieron identificar varias incongruencias en los diseños iniciales lo cual benefició a disminuir los problemas en la etapa de ejecución. Ya para concluir, es importante indicar que la metodología fue de gran ayuda al momento de presentar el proyecto a los clientes, por cuanto el modelo 3D permite la visualización del proyecto de forma más concreta y accesible para los potenciales clientes del proyecto.

5 CONCLUSIONES

La implementación de la metodología planteada tuvo como resultado la gestión eficiente de un proyecto de construcción, por cuanto los riesgos e imprevistos pudieron ser contemplados desde la etapa de planeación, reduciendo las desviaciones que usualmente se presentan en

tiempos y costos durante las etapas de excavación y estructura.

Mediante la implementación de la metodología creada en un estudio de caso, se pudo corroborar que sí es posible mejorar las buenas prácticas durante el desarrollo constructivo. Ya que, al realizar la comparación con un proyecto similar, se pudo identificar que el proyecto donde se utilizó la metodología tuvo una reducción significativa en tiempo y costo.

En virtud de lo expuesto, al hacer el análisis entre el proyecto similar y el estudio de caso, se tuvo como resultado que el proyecto similar había tenido una desviación en tiempo del 30% y de costo del 13%. Mientras que el estudio de caso tuvo una desviación en tiempo del 12% y de costo del 3%. Lo anterior, claramente demuestra que al implementar esta metodología se tuvo ventajas significativas, pues la misma ayuda a identificar de forma oportuna las situaciones que puedan generar atrasos o sobrecostos, para contrarrestarlas desde la etapa inicial del proyecto y genera un trabajo interdisciplinario donde todos los interesados (Patrocinador, Constructor, Diseñador, usuario final, entre otros), trabajan de forma coordinada y teniendo pleno conocimiento de la incidencia de su trabajo o participación sobre la obra.

REFERENCIAS

Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of building information modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971-980. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>

Caicedo Ferrer, J., & Flórez Pérez, D. (2010). *Los Factores que afectan el buen desarrollo de las obras en el País. Ingenieros y constructores develan factores que afectan desarrollo de obra en el país, pag 1. obtenido de www.infaestructura.org.co.*

Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., & McNiff, S. (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction*, 36, 145-151. doi:10.1016/j.autcon.2013.09.001

Jiang, J., Klein, G., Hwang, H., Huang, J., & Hung, S. (2004). An exploration of the relationship between software development process maturity and project performance. *Inf Manag* 41 (3), 279-288.

Mullaly, M. (2006). Longitudinal analysis of project management maturity. *Proj Manag. J.* 36 (3), 62-72.

Project Management Institute. (2007). Practice standard for scheduling. . *Newtown Square, PA:Project Management Institute.*

Smith, D. K, and M. Tardif (2009) *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers.* John Wiley & Sons Inc.

Tomek, A., & Matjka, P. (2014). The Impact of BIM on Risk Management as an Argument for its Implementation in a Construction Company. *Procedia Engineering*, 501-509.