

GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CON METODOLOGÍA BIM “BUILDING INFORMATION MODELING”

AUTOR

LINA XIOMARA SIERRA APONTE

Ingeniera Civil - Universidad Santo Tomás
linaxio88@gmail.com

“Artículo presentado como Trabajo Final de Especialización en Gerencia Integral de Proyectos”

TUTOR

Freddy León, MSc

Ingeniero De Sistemas con énfasis en Software- Universidad Antonio Nariño
Posgrado: Especialización en Docencia Universitaria de la Universidad Nueva Granada
Maestría en Educación de la Universidad Nueva Granada
Director Programa Ingeniería en Multimedia de la Universidad Militar Nueva Granada
freddy.leon@unimilitar.edu.co



UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAYO 2016**

GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CON METODOLOGÍA BIM “BUILDING INFORMATION MODELING”

PROJECT MANAGEMENT OF CONSTRUCTION WITH BIM METHODOLOGY

Lina Xiomara Sierra Aponte
Ingeniera Civil
Especialización en Gerencia Integral de Proyectos
Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia
Linaxio88@gmail.com

RESUMEN

Durante estos últimos años se está dando a conocer una nueva metodología de trabajo para proyectos de construcción llamada Building Information Modeling (BIM); específicamente en los sectores de la arquitectura, ingeniería y construcción y está llamada a ser el futuro de este mercado. En la actualidad, los sistemas de gestión de proyectos aplicados al sector de la construcción si bien han tenido un considerable avance a nivel mundial, en el mercado colombiano es casi nulo, salvo algunos casos que comienzan a tener un liderazgo dado su nivel de competitividad. Sin embargo, al final y de manera general se mantiene una resistencia al cambio en la forma de trabajar tradicionalmente. Por lo anterior, este artículo tiene como fin conceptualizar, mostrar los beneficios, usos y análisis de la metodología BIM frente la metodología tradicional de elaboración de proyectos en construcción. Y finalmente, en la parte práctica, se describirá la eficiencia de esta metodología desarrollando un proyecto con BIM.

Palabras Clave: BIM, Building Information Modeling, Gestión de la información, Proyecto de construcción,

ABSTRACT

In recent years it is releasing a new methodology for construction projects called Building Information Modeling (BIM); specifically in the fields of architecture, engineering and construction and is destined to be the future of this market. Currently, systems project management applied to the construction sector although they have made considerable progress worldwide in the Colombian market is almost zero, except for some cases beginning to have leadership given its level of competitiveness. However, the end and generally resistance change is maintained in the form of traditionally work. Therefore, this article aims to conceptualize, show the benefits, uses

and analysis of the BIM methodology versus traditional methodology for preparing projects under construction. And finally, in practice, the efficiency of this methodology will be discussed developing a project with BIM.

Keywords: BIM, BIM Software, Building Information Modeling, Construction Project, Information Management.

INTRODUCCIÓN

La situación actual, acentuada en el sector de la construcción, hace pensar que es el momento de tomar un cambio positivo, un cambio que nos permita evolucionar en la forma de trabajo tradicional de nuestro país, y que permita dar un salto cualitativo en los procesos de la concepción, planificación, ejecución y construcción de una edificación. Es evidente que antes de la crisis de la industria de la construcción, no se alcanzó la cima de su modernización y automatización de los procesos, era entonces común ver proyectos en los que las fallas en la representación y ejecución eran comunes; resaltando que los errores en la ejecución de las obras, si bien se pueden atribuir en ciertos casos a la mala concepción de la obra, en otros muchos podemos atribuirlo a la falta de coordinación entre los involucrados a lo largo de todo el proyecto. Por tanto, es muy común en nuestro sector que el proyecto pase de técnico en técnico y a la vez cada uno implementa su parte de trabajo, encontrando proyectos con infinidad de fallas e incoherencias entre documentos, probablemente, esto se deba a la falta de coordinación que suele existir entre los distintos agentes intervinientes.

En definitiva, para evitar la falta de coordinación y sus posibles consecuencias nace el concepto de BIM (Building Information Modeling), una nueva metodología de trabajo que centra en una única base de datos toda la información de un proyecto involucrando a todas las disciplinas que se ven de manera directa afectadas en el desarrollo de proyectos de construcción.

El objetivo de este artículo es presentar la conceptualización, usos, beneficios, flujo de trabajo con BIM y análisis con parámetros PMI (Costo – Beneficio) en los procesos de diseño y construcción en una empresa, como una propuesta de valor agregado en la mejora de productividad y analizar su impacto dentro de los procesos de la organización como un gestor de proyectos desde la concepción hasta el mantenimiento de la edificación.

Con el fin de lograr este objetivo, se propone identificar los procesos de diseño y construcción a fin de establecer los procedimientos para la implementación de BIM, en donde el fin último es el análisis de costos – tiempo y beneficios obtenidos en la implementación en un proyecto real.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. Cómo se trabaja Actualmente: Metodología Diseño Asistido por Computador (CAD)

A comienzos del siglo XX se dieron los primeros pasos para adecuar las herramientas de los diseñadores a la visión de un entorno global [1]. Los fabricantes de software intentaban recrear los instrumentos de diseño como: escuadras, reglas "T", paralex, lápices de colores, papeles sobre mesas de dibujo; bajos sistemas digitales que al fin y al cabo sustituirían con mayor o menor fortuna todos estos instrumentos que permitieron el desarrollo de una gran parte de la ingeniería de nuestros antepasados. En la segunda mitad del siglo XX, los ingenieros y arquitectos dieron un salto del cambio de dibujo tradicional y herramientas de cálculo por herramientas digitales más precisas, rápidas y avanzadas generando el uso de las herramientas de Diseño Asistido por Computador "CAD", que permitieron el desarrollo de la infografía y planimetría (2D y 3D) habilitadas para dejar de lado experimentos que sólo daban respuestas parciales, con tiempos de espera largos y que implicaban alza en los costos al emplear solo modelos a menor escala.

En el método tradicional de diseño, CAD, cada uno de los involucrados (arquitectos, ingenieros estructurales, ingenieros de instalaciones) trabajan por medio de dibujos 2D separados y sólo de aquellos elementos de los que son responsables, lo cual conlleva una corta comunicación y coordinación con el resto de involucrados que están trabajando bajo un mismo proyecto; generando interferencias que en principio son inevitables pero que bajo una comunicación efectiva, continua y coordinada se podrían prever antes de entrar en una etapa de construcción.

Al entrar en el siglo XXI, [2] la industria de la construcción estaba pasando por una transición desde el método en 2D que se ha utilizado durante años en el diseño y la construcción, a un nuevo enfoque que usa modelos digitales 3D: el *Modelado de Información para la Construcción (BIM)*. Involucrando la creación y uso de modelos inteligentes en 3D para desarrollar y comunicar decisiones relacionadas con el proyecto. Mientras BIM gana impulso en la industria, la crisis económica global está causando estragos, lo que conduce a importantes declives en la producción y los márgenes de ganancias. Actualmente, las economías repuntan lentamente y el gasto en construcción va en aumento, pero las consecuencias de la recesión perduran. La competencia es más fuerte que nunca y todos los jugadores en la cadena de suministro de la construcción, desde arquitectos e ingenieros hasta contratistas generales y fabricantes, padecen la presión de entregar proyectos en menos tiempo, con menores presupuestos y mejor calidad.

1.2. Metodología Building Information Modeling (BIM)

La primera vez que se menciona el concepto BIM fue en la publicación “AIA Journal” por Charles M. “Chuch” Eastman en 1975 [3] en donde mencionó un concepto llamado “Building Description System” que se relaciona con el término BIM como se conoce hoy en día, sin embargo, quien popularizó este término unos años más tarde para la representación digital de procesos de construcción fue Jerry Laiserin. Dado lo anterior, existen varias definiciones de BIM. Como los límites del flujo de trabajo BIM están cambiando constantemente, esto tienden a confundirse o por lo menos a quedar mal definidos. Si ahondamos de manera íntegra el concepto en AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) se pueden definir algunos conceptos a continuación.

1.2.1. Concepto

En primera instancia BIM proviene del acrónimo de la frase inglesa “Building Information Modeling” (Modelado de información de una edificación); por tanto se refiere a la creación y uso de información virtual de manera coordinada y con coherencia acerca de un proyecto de edificio tanto en el diseño como en la construcción. Podríamos entonces decir, que BIM es el Modelado de Información para la Construcción e Infraestructura, BIM es un proceso que comienza por la creación de un modelo de diseño 3D inteligente y que posteriormente utiliza ese modelo para facilitar la coordinación, simulación y visualización, así como para ayudar a los stakeholders a mejorar la manera de planificar, diseñar, construir y administrar edificios e infraestructuras **Figura 1**. En pocas palabras BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de una construcción.

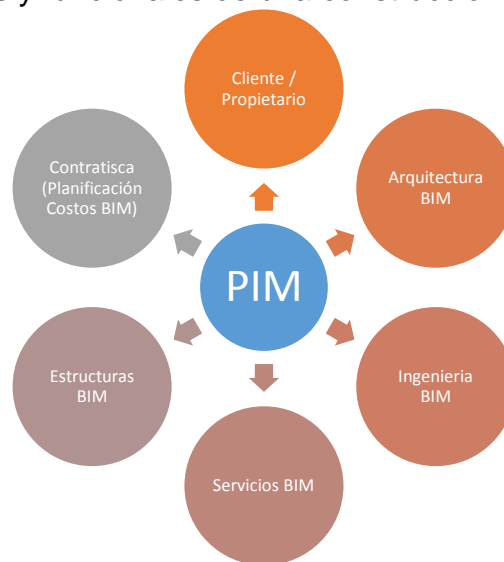


Figura 1. Modelo de Integración del Proyecto (PIM) mediante BIM

Fuente: National BIM Standard – United States

Sin embargo hoy en día no existe una definición universal, aunque todas coinciden en términos generales, podríamos citar algunas de las definiciones más representativas en el mercado. Eloi Coloma Pico [4] que define BIM como un conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en los referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar, por otra parte, Jerry Laiserin [5] lo define como un proceso de representación que crea “vistas” multidimensionales, con gran cantidad de datos disponibles, para todas las fases del proyecto y su construcción. Este método repercute muy positivamente en la comunicación, la colaboración, la simulación y optimización de la edificación por ultimo Autodesk [6] como fabricante de software Revit define BIM como un método innovador para facilitar la comunicación entre los sectores de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. Con BIM, arquitectos e ingenieros generan e intercambian información de manera eficiente, crean representaciones digitales de todas las fases del proceso de construcción y simulan el rendimiento en una construcción real, lo que perfecciona el flujo de trabajo, aumenta la productividad y mejora la calidad.

Para comprenderlo de forma más práctica, la metodología BIM presenta diversas perspectivas de beneficios, como se observa en la **Figura 2**.

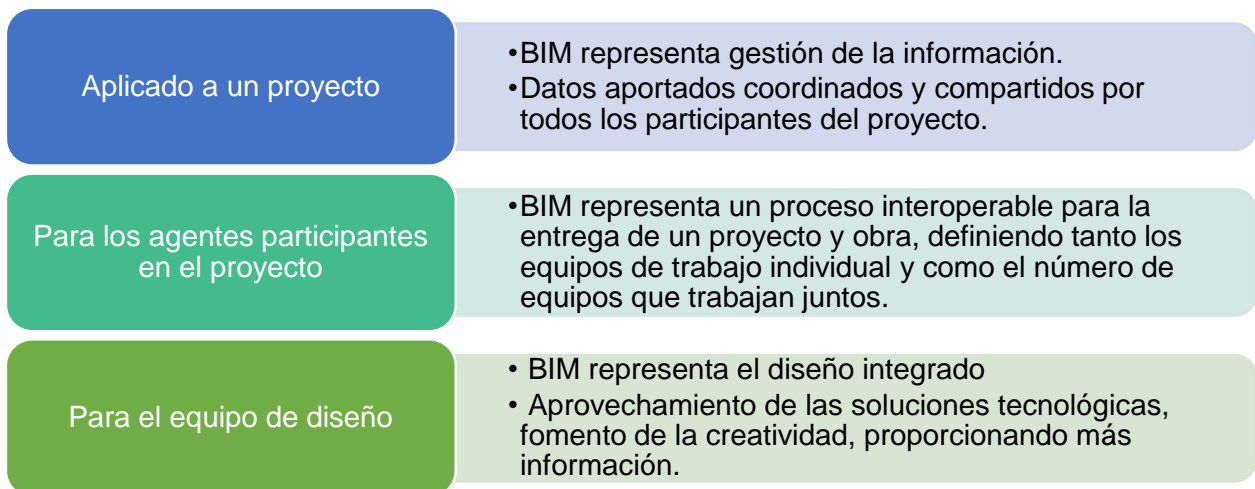


Figura 2. Beneficios de BIM en diferentes actores

Dado lo anterior, de manera frecuentemente se confunde BIM con alguno de estos términos, siendo en realidad un conjunto de todos ellos. BIM no es: Un modelo virtual en 3D sin información tampoco es un Software.

Finalmente, vale la pena entonces observar gráficamente que significan los esfuerzos/efectos de procesos de diseño tradicional vs los procesos de diseño con BIM a través del tiempo. **Figura 3**.

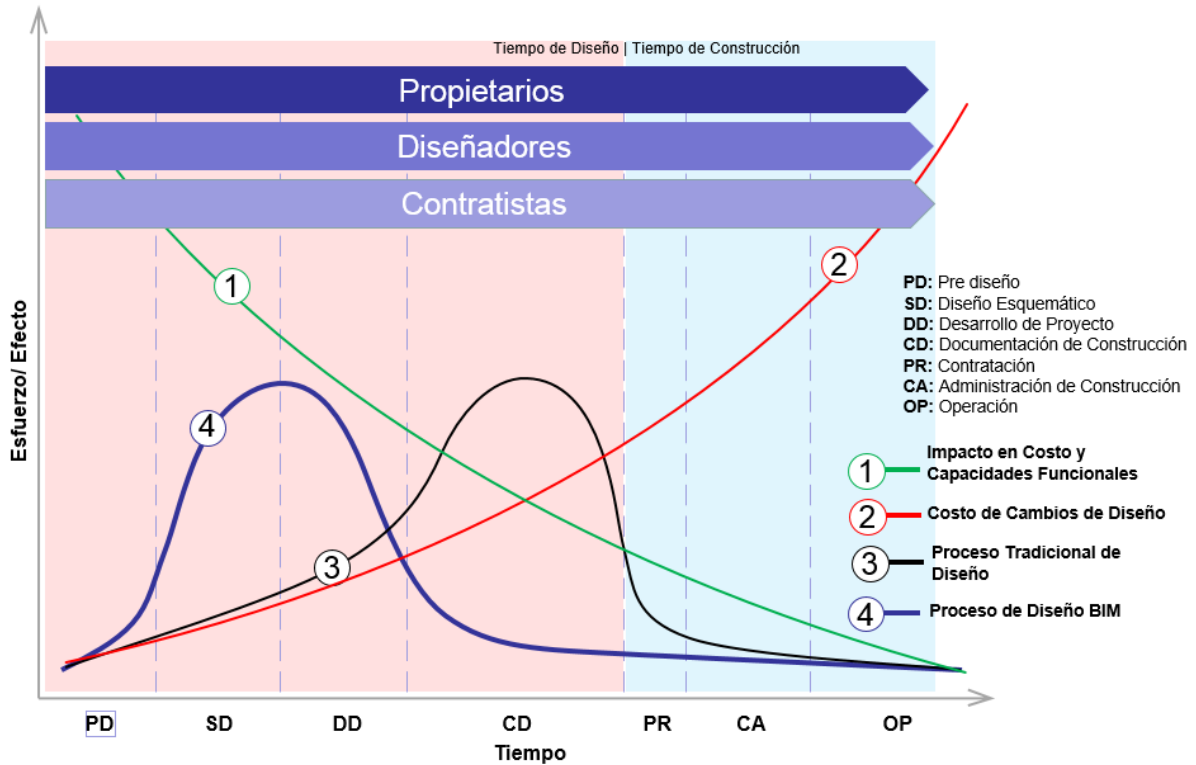


Figura 3. Procesos de diseño Tradicional vs Procesos de Diseño con BIM

Fuente: Graphic by Patrick MacLeamy

La **Figura 3** es la Curva MacLeamy [7] que ilustra las ventajas de aprovechar BIM. La curva sugiere que si movemos el esfuerzo de diseño inicial en el proyecto (a la izquierda), esta será más eficiente que el proceso de diseño tradicional. Esto también significa que un proyecto BIM necesitará un plan de personal diferente que un proyecto de diseño tradicional. Mientras que el número de recursos del presupuesto global no cambia necesariamente, se necesitan los recursos de diseño antes en el proyecto. Esta comprensión es fundamental para los directores de proyectos que ven BIM como un riesgo para la entrega, porque la percepción es que va a costar más y requieren más esfuerzo. La curva de negro (3) representa el esfuerzo del diseño tradicional de la etapa conceptual hasta la construcción. El esfuerzo de trabajo pesado (y los costos) llega en los documentos de construcción de la etapa (CD). La curva azul (4), representa el esfuerzo en BIM es más grande (y el costo) y se mueve a más temprano en el proyecto (vea SD / DD). La curva descendente verde (1) representa la capacidad decreciente para impactar el costo y las capacidades funcionales de un diseño, es decir, los primeros cambios se pueden implementar a bajo precio, a reducir los costos de manera eficiente, y esto disminuye ya que el diseño se desarrolla en los planos de construcción. La línea ascendente de color rojo (2) pone de manifiesto que, a medida que avanza el proyecto, el costo de hacer cambios sube y sube.

1.2.2. Usos y Objetivos de BIM

Siendo BIM una nueva metodología de trabajo basada en herramientas tecnológicas, en la literatura se habla mucho acerca de los objetivos que pueden obtenerse en proyectos de construcción, siendo en algunos casos muy hipotéticos y optimistas. Sin embargo, aterrizando un poco hay muchos usos de BIM específicamente para cada participante del proyecto. En la **Figura 4** se muestran los usos para la planificación, diseño, construcción y operación.

Durante la fase de diseño, el uso de BIM puede maximizar su impacto en un proyecto dado que la capacidad de influir en el costo es el más alto. El equipo puede iniciar de forma creativa con ideas y dar soluciones a los problemas antes que los problemas se convierten en impactos de alto costo para el proyecto, esto se puede realizar a través de la cooperación y la coordinación de todos los stakeholders del proyecto. Por lo tanto, es sumamente importante tener una buena colaboración. El uso de BIM mejora especialmente los esfuerzos de colaboración del equipo, en donde el arquitecto y el ingeniero pueden poner a prueba sus ideas de diseño. El gerente de construcción puede proporcionar constructibilidad, secuenciación, el valor y los informes de ingeniería. También pueden iniciar la coordinación 3D entre los subcontratistas y proveedores durante las primeras etapas de diseño. El propietario puede visualizar si el diseño es lo que él está buscando realmente.

En general, BIM promueve la colaboración de todos los participantes del proyecto. Hay usos beneficiosos de BIM durante la fase de construcción, sin embargo, al final la capacidad de afectar el costo en un proyecto reduce tanto como la construcción avanza. Varios usos incluyen la secuenciación, la estimación de costos, fabricación y BIM en el sitio de realización de la obra.

Ahora, simplificando el concepto de los usos de BIM, de acuerdo a Azhar (2008) [8], la visualización puede generarse fácilmente con representaciones 3D con poco esfuerzo, los planos para fabricación y/o compra se presentan de manera más fácil al generar planos para varios sistemas de edificación, por ejemplo: el plano sistemas de conductos mecánicos puede ser generado una vez que el modelo está terminado; por otra parte, la gestión de instalaciones en donde las áreas pertinentes pueden usar BIM para remodelaciones, planeamiento del espacio y mantenimiento de operaciones; también, la estimación del costo se genera con los software BIM, pues cuentan con funciones que permiten estimar los costos de lo que se construirá ya que las cantidades de material son automáticamente extraídas y cambiadas cuando hayan modificaciones hechas en el modelo; adicional el secuenciamiento de la construcción en un modelo BIM puede ser usado para crear plazos de entrega de la construcción de los elementos del proyecto y finalmente, la detección de conflictos BIM ayuda en la inspección visual para identificar las interferencias entre disciplinas y poder realizar una corrección temprana.

Planificación	Diseño	Construcción	Operación
Modelos de Condiciones Existentes			
Estimación de Costos			
Planificación de Fases de Construcción			
Programación			
Análisis del sitio			
	Chequeo del Diseño		
	Modelos de Diseño		
	Análisis Estructural		
	Análisis Luminotécnico		
	Análisis Energético		
	Análisis Termo mecánico		
	Otros Análisis		
	Evaluación LEED		
	Validación de Códigos		
	Coordinación 3D		
		Control y Planificación 3D	
		Análisis del proceso constructivo	
		Fabricación Digital	
		Planificación Uso del Sitio	
		Registro de Modelos (Modelos conforme a Obra)	
			Programación Mantenimiento
			Análisis de los sistemas
			Gestión de Inventario
			Planificación contra siniestros

Figura 4. Usos a lo largo del ciclo de vida del edificio

Fuente: Ralph Kreider, John Messner, and Craig Dubler, "Determining the Frequency and Impact of Applying BIM for Different Purposes on Building Projects," (Penn State University, University Park, PA, USA, 2010)

1.2.3. Beneficios de BIM

La gestión de proyectos usando la tecnología BIM reduce la incertidumbre en su manejo, ya que aumenta las posibilidades de controlarlo, pues elimina las aproximaciones abstractas. Asimismo, la integración de las labores de diseño y construcción abre las puertas a una ingeniería en la que los profesionales se dedicarán a mejorar los diseños, la planificación de las obras y su control, reduciendo con ello el costo de los proyectos. Con base en la revisión de las publicaciones hechas por

Aschraft (2007), Eastman (2008) y Sacks (2004) [9]; entre los beneficios sobresalientes se encuentra la visualización pues permite (para estética y evaluación funcional) renderizar los diseños con cierto grado de realismo, haciendo los diseños de edificaciones más accesibles a los involucrados que no tengan conocimientos técnicos, rápida generación de múltiples alternativas de diseño en donde los diseñadores pueden manipular eficientemente la geometría manteniendo la coherencia del diseño, uso de la data del modelo para el análisis predictivo del desempeño de la edificación: algunos software BIM tienen herramientas de análisis de ingeniería (elementos finitos y análisis de energía), estimación de costos de construcción, mantenimiento de la información y la integridad del diseño del modelo ya que las herramientas BIM almacenan cada elemento de información una vez, sin tener que almacenar la información en múltiples dibujos o vistas, un beneficio que permite mejor control de documentación es la generación automática de dibujos y documentos con sólo algunos datos de entrada se pueden tener dibujos y documentos de manera automática. Asimismo, si se hacen cambios en el modelo, éstos se actualizan en los dibujos y documentos y finalmente la colaboración en el diseño y la construcción: esto se da manera interna y externa. En la primera, múltiples usuarios dentro de una organización editan el mismo modelo de manera simultánea; y en la segunda, se pueden compartir vistas no editables del modelo.

1.3. Análisis del Flujo de trabajo en un proyecto BIM

1.3.1. Etapas de un Proyecto BIM

Succar (2008) [10] propone varias etapas que involucran el flujo de trabajo de un proyecto BIM y que definen el nivel de madurez en su aplicación. Las etapas se pueden dividir en Pre-BIM, tres etapas de madurez BIM y la etapa de Entrega de Proyecto Integrado.

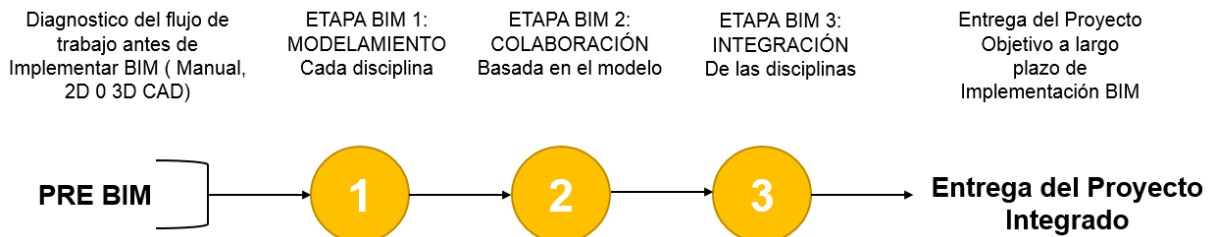


Figura 4. Madurez BIM dividida en fases
Fuente: Succar, 2008

1.3.1.1. Pre BIM

La industria de la construcción se caracteriza por relaciones antagónicas y existe mucha dependencia en la documentación 2D para describir la realidad 3D. Aun cuando las visualizaciones 3D son generadas, éstas son a menudo incoherentes y se apoyan en documentación 2D y en la realización de detalles. Las cantidades, estimaciones de costos y especificaciones no son derivadas del modelo ni están vinculadas a la

documentación. Asimismo, las prácticas de colaboración entre los involucrados no son prioritarias y el flujo de trabajo es lineal y asincrónico.

1.3.1.2. Etapa BIM 1 – Modelamiento

La implementación BIM se inicia a través del uso de un software paramétrico 3D basado en el objeto como Autodesk Revit. En esta etapa, los involucrados de cada disciplina, arquitectura, ingenierías e instalaciones generan modelos independientes dentro de cualquier fase del proyecto (diseño, construcción u operación). Los entregables del modelamiento son modelos para arquitectura o construcción usados principalmente para automatizar la generación y coordinación de la documentación 2D y visualización 3D.

Las prácticas de colaboración son similares al estado Pre-BIM, los intercambios de información y/o data entre los involucrados del proyecto son unidireccionales y las comunicaciones son asincrónicas y desarticuladas.

1.3.1.3. Etapa BIM 2 - Colaboración basada en el modelo

En esta etapa los involucrados, después de haber alcanzado experiencia en el manejo del modelo, activamente colaboran entre sí. Esto incluye el intercambio de modelos o partes de éste mediante diferentes formatos. Esta etapa puede ocurrir dentro de una fase o entre fases de un proyecto; por ejemplo: intercambio de modelos de arquitectura y estructuras en el diseño, intercambios de modelos entre el diseño y la construcción o entre el diseño y la operación.

Aunque la comunicación entre los involucrados sigue siendo asincrónica, las barreras entre éstos comienzan desaparecer. Los modelos tienen cada vez más detalle y reemplazan a los modelos usados en las otras etapas.

1.3.1.4. Etapa BIM 3 - Integración de las disciplinas

En esta etapa los modelos creados son integrados, compartidos y mantenidos colaborativamente a lo largo de todas las fases del proyecto. Los modelos BIM en esta etapa son interdisciplinarios que permiten análisis complejos en etapas tempranas de diseño y construcción. El intercambio de información obliga a que las fases del proyecto se traslapen.

Los entregables van más allá de sólo objetos con propiedades puesto que también se incluyen los principios lean, políticas ecológicas y el costo completo del ciclo de vida del proyecto.

1.3.1.5. Entrega de Integrada del Proyecto (IPD)

De acuerdo a Succar (2008), la entrega integrada de proyecto representa la visión a largo plazo a la que debe apuntar BIM mediante la fusión de las tecnologías, procesos y políticas.

La entrega integrada de proyecto es un enfoque que integra personas, sistemas, estructuras de negocios y prácticas en un proceso que colaborativamente aprovecha los talentos e ideas de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, incrementar valor para el dueño, reducir desperdicio y maximizar la eficiencia a través de todas las fases de diseño, fabricación y construcción.

1.3.2. Análisis

Para plantear mejoras en la gestión de proyectos, debemos tener establecido claramente las políticas organizacionales, los procesos de gestión y los recursos que se requieren para que esto sea posible, a fin de poder obtener métricas de estas mejoras. Previo al establecimiento de la mejora en los procesos de implementación, se realiza un mapeo de los procesos indicando donde se están introduciendo las herramientas BIM, con el fin de poder entenderlos y plantear las mejoras que se desean implementar. Antes de pasar a explicar la propuesta, se debe resaltar que debido al bajo nivel de madurez que tiene el mercado de la construcción respecto al uso de BIM (propietarios, proyectistas, constructores y proveedores), ello se convierte en un factor determinante para que la implementación de BIM se realice en forma gradual.

La estrategia de implementación también debe abordar el modo en que la nueva solución coexistirá inicialmente con las aplicaciones de diseño 2D y modelado 3D. Abandonar de forma masiva estas aplicaciones de diseño que van a ser sustituidas es poco práctico y, a menudo, poco acertado, pero a medida que se amplía la implantación, la estrategia también podría incluir planes para la retirar por fases los sistemas antiguos, en caso de ser necesario.

Por tanto, las organizaciones deben dar un giro de 180° al implementar BIM. Se tiene que pensar en la creación de un área conformada por profesionales comprometidos y convencidos de que se puede mejorar la gestión de los proyectos, el establecimiento de políticas y la asignación de los recursos para la implementación, teniendo presente que BIM es una manera distinta y beneficiosa de gestionar los proyectos. Siendo BIM el primer paso y por ello se requiere maduración y convencimiento de la alta dirección de la organización para apostar por este cambio que será muy óptimo para todos los involucrados ya que las mejoras en productividad se verán desde el primer modelo.

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

2.1. Análisis de integración de Proyectos de acuerdo con PMBOK®.

El enfoque tradicional de gestión y gerencia de proyectos supone planos en 2D, manuales con innumerables detalles, documentación y procedimientos que se manejan y acondicionan de manera intrínseca en cada organización, muchas veces,

de manera efectiva. Sin embargo, el tener manejo de esta información dentro de la organización no quiere decir que se esté comunicando de la manera adecuada a los involucrados (interesados externos), es decir, si el personal de diseño de la compañía entiende y sabe cómo está organizada la información de diseños no necesariamente el personal que diseña las instalaciones lo entiende de la misma forma.

De acuerdo con lo anterior, en los proyectos se debe establecer canales de comunicación para que la información del producto y del proyecto se divulgue entre los involucrados y llegue a estos de manera que se identifiquen las jerarquías y dirección de flujos de información a partir de las responsabilidades de cada actor.

De esta manera, los problemas en la comunicación tienen como consecuencia en los proyectos de construcción problemas en etapas de diseños, en etapa de ejecución y en etapa de operación incrementando así los costos y generando pérdidas de tiempo.

Para empezar los proyectos deben estar definidos en cuanto a quienes son sus interesados, los objetivos que se quieren cumplir y el alcance. Una vez definido esto, se debe presentar un organigrama del proyecto a nivel de planeación estableciendo responsabilidades de cada uno de los integrantes de la estructura principal del proyecto, asimismo se deben determinar los criterios de éxito y los riesgos asumidos, es decir, los parámetros mínimos establecidos para que la realización del proyecto se considere exitosa y los riesgos principales que pueden afectar el éxito de la ejecución del mismo puedan ser mitigados desde el momento en que se realiza un modelado virtual de la edificación.

De esta manera, se tiene que los proyectos y su dirección se llevan a cabo en un entorno más amplio que el atribuible al propio proyecto [11]. Bajo esta premisa, es necesario definir el ciclo de vida de los proyectos, los cuales se conceptualizan en fases diferentes según cada caso. Por tanto, es importante desarrollar el plan para la gestión de cambios en la cual se involucra todos los cambios que puedan darse durante el ciclo de vida del proyecto, y pueden relacionarse con cualquier otro que afecte lo establecido inicialmente en el alcance del mismo.

El personal profesional y técnico del proyecto deben ser los encargados según las responsabilidades de cada uno de solicitar, aceptar y gestionar cambios de diferente naturaleza teniendo en cuenta los procedimientos establecidos en el plan de gestión de cambios que se haya definido en la etapa de planeación del proyecto.

Los cambios mínimos que se deben tener en un proyecto dentro del marco de la gestión de cambios son los siguientes:

- Cambios en diseños por falencia en estos o mejoras
- Cambios en cronograma por atrasos justificados
- Cambios en procesos de ingreso de personal
- Cambios en tipo de material sin afectar el alcance ni tiempo del proyecto
- Cambios en proceso de compras y almacén

Dentro de esta óptica, para que el plan de gestión de cambios y la gestión de la configuración de los mismos surta efecto, es necesario tener el apoyo de un plan de gestión de las comunicaciones y de esta manera lograr tener entre los interesados del proyecto un único canal de comunicación para mayor efectividad y veracidad en el flujo de información.

Siendo así, el ciclo de vida del proyecto, la gestión de cambios, la gestión de la configuración y la gestión de las comunicaciones pueden ser agrupadas dentro del capítulo denominado plan para la dirección del proyecto.

En lo que respecta al control de programación, será efectuado directamente por la dirección del proyecto. El cronograma y presupuesto de obra establecidos inicialmente tendrán un seguimiento simultáneo con la revisión del avance físico en obra, resultados que serán reportados en las reuniones y en los entregables que corresponden a los documentos que recopilan información de avance y control de las actividades que se deben ejecutar en las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto, con el fin de que se documenten las que tienen como objeto el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Ahora bien, es necesario que dentro de una correcta integración de las fases de un proyecto se evalúen los resultados obtenidos a partir de la ejecución del proyecto, por lo tanto es importante que se determine en qué medida se cumplió el objeto y alcance del proyecto, la satisfacción del cliente a partir del cumplimiento de las especificaciones y expectativas de los interesados del proyecto, se realice el proceso de entrega y recibo de la obra según condiciones contractuales, y se firme posteriormente el acta de entrega del proyecto, esto dentro del marco de cierre y evaluación del proyecto.

Es importante entonces, ver como todas las fases del proyecto requieren estar articuladas para que este pueda llegar a su fin y se hagan efectivos los criterios de éxito del mismo. De acuerdo con lo anterior, es necesario que los proyectos sean desarrollados a partir de los principios de integración no solo de disciplinas sino también de interesados de cualquier nivel jerárquico.

2.2. Implementación de BIM en caso Real

Para esta primera aproximación a la implementación de BIM, se tomó el proyecto de Vivienda de Interés Social que consta de 200 unidades de vivienda, se eligieron dos torres de 20 unidades habitacionales cada una para el desarrollo de este proyecto piloto. Las torres del proyecto de vivienda están compuestas por 5 pisos y cada piso tiene 4 apartamentos.

La metodología para diseñar proyectos por medio de la modelación se debe llevar a cabo de forma controlada para que sea exitosa. Los modelos en cinco dimensiones de información en la construcción se refieren a los modelos geométricos de las edificaciones que contienen parámetros de costo, tiempo y cantidades de obra que

permiten optimizar los procesos de diseño, reducir el tiempo y costos en los proyectos de edificaciones.

Existen dos formas de aplicar la metodología BIM en proyectos de construcción. Por un lado la aplicación nativa que consiste en desarrollar el modelo diseñando sobre el mismo, de tal manera que cada uno de los profesionales involucrados en el proyecto trabajen de manera articulada en este y, por otro lado la aplicación implementada que consiste en desarrollar el modelo de información desde un diseño hecho previamente en dos dimensiones por cada profesional involucrado.

2.2.1. Elaboración del modelo

El modelo fue desarrollado utilizando el paquete de software que trabaja sobre tres dimensiones y en tiempo real Revit, una familia de programas de Autodesk. La información para desarrollar el modelo de información de la edificación se obtuvo de los diseños arquitectónicos hechos previamente por metodología tradicional del proyecto, es decir con AutoCAD (2D).

Una vez modelado cada elemento, se procedió a modelar el acero de refuerzo sobre la geometría definida de las vigas de cimentación generando diferentes planos de trabajo para cada una de ellas debido a que se modeló a partir del cálculo y diseño estructural hecho previamente con el método tradicional. Posteriormente, se inició entonces la modelación de la red hidráulica y sanitaria de la edificación a partir de los planos en 2D obtenidos de los diseños hechos previamente por metodología tradicional.

Es relevante anotar que este modelo fue desarrollado siguiendo en lo posible el orden constructivo de una edificación, ya que es beneficioso el hecho de no tener elementos que interfieran con la modelación del edificio, es decir, se sigue en lo posible el orden constructivo de la edificación.

En este punto el modelo contaba con información geométrica y caracterizados sus materiales pero aún faltaba el tiempo y el costo. Para esto, se exportó el archivo al software Navisworks en donde se articuló el orden constructivo con el cronograma y los costos teniendo así ya completo el modelo para empezar a ejecutar la simulación, hacer los ajustes correspondientes y obtener los datos necesarios para poder llegar a cumplir el objetivo propuesto del trabajo de grado.

2.2.1. Cálculo de cantidades de obra

El cálculo de las cantidades de obra y los costos del proyecto de la metodología tradicional se obtuvo de la siguiente manera: una vez cumplido el mes de ejecución se conciliaban las cantidades y costos en común acuerdo entre ambas partes involucradas, por el lado de la constructora el residente de obra, y el maestro de obra como representante del contratista; se cuantificaban las cantidades de las actividades ejecutadas correspondiente al mes del corte en la obra en común acuerdo, luego esas cantidades se multiplicaban por el valor de cada actividad y se transcriben al acta

mensual que reflejaba las cantidades y costos del mes y el parcial total acumulado, estas eran avaladas por el director de obra del proyecto.

El cálculo de cantidades de obra de la metodología BIM se obtuvo a partir del modelo. Con respecto a los cortes de obra se obtuvieron a partir de los análisis de precios unitarios de las actividades y el cronograma de obra que se tomaron del presupuesto del proyecto desarrollado por medio de la metodología tradicional y se asociaron al modelo a través de la herramienta Navisworks. Posteriormente, se simularon las fechas de corte obteniendo así los costos parciales de las actividades que se debieron ejecutar durante el mes del corte y los costos parciales total acumulado según cada fecha.

2.3. Análisis

2.3.1. Método Tradicional

Durante el desarrollo del proyecto se programaron 4 cortes de obra, sin embargo por diferentes motivos de atraso se hicieron 6 cortes de obra. De acuerdo con el desarrollo del modelo paramétrico se encontraron errores en la información que se tenían de entrada en lo referente a diseños y planos evidenciando la falta de coordinación entre las distintas disciplinas.

Así mismo se documentaba cada error detectado en campo que pudiera estar asociado a mala planeación, a una mala gestión de las comunicaciones o a una evidente mala gestión de la integración de las actividades y que a su vez se pudiera evaluar la solución por medio del modelo paramétrico creado para este proyecto.

En la ejecución de la programación en cuanto a costos, de los 4 cortes de obra, se presentó una diferencia promedio de 34.5% con respecto a lo ejecutado vs lo programado, debido a que el diseño no coincidía con el método constructivo y por otra parte, las actas de cambios (RFI) que atrasaban la programación causando mayores costos y atrasos de tiempo.

En el avance físico en términos de tiempo hubo un avance promedio en cada uno de los 4 cortes de obra programados de un 70% de lo ejecutado vs lo programado, con una causa principal de bajo rendimiento de actividades como instalaciones hidráulicas, instalaciones eléctricas, instalaciones mecánicas, entre otras.

2.3.2. Metodología BIM

Durante el desarrollo del proyecto se programaron 4 cortes de obra, sin embargo por diferentes motivos de atraso se hicieron 6 cortes de obra.

De acuerdo con el desarrollo del modelo se encontraron errores en la información que se tenía de entrada en lo referente a diseños y planos.

De manera general se enuncia que se presentaron algunos errores, cabe aclarar que estos fueron contabilizados en diferentes grupos como: materiales (cantidades mayores o menores), mano de obra (cantidades mayores o menores), administración y costos por procesos en diseño y ejecución.

En cuanto a control de costos se observa que faltó por ejecutar en promedio el 34% de los costos sobre los 4 cortes de obra, básicamente porque en la metodología tradicional hubo diseños no congruentes y desalineados con las demás disciplinas y por otra parte, hubo un 30% adicional en la facturación debido a mayores cantidades ejecutadas vs las programadas.

En el control de tiempo hubo un promedio de 82% en progreso real de la obra vs el avance programado durante los 4 cortes de obra, sin embargo, hubo actividades que sumadas a la mala coordinación, mala planeación en las cantidades de obra del presupuesto inicial y bajo rendimiento de la mano de obra no permitieron que el avance físico llegase a un 100% según la simulación realizada con BIM.

Finalmente, la metodología tradicional con respecto a la metodología BIM tuvo unos sobrecostos del 14% en el Actual Cost, se debe a que la actividad de los diseños tuvo mayor impacto en la metodología tradicional porque no hubo una integración del proyecto y coordinación durante la fase de la planeación inicial. Demostrando que antes de iniciar cualquier proyecto se debe tener claro el alcance y los involucrados para minimizar la probabilidad de riesgos durante la ejecución.

Finalmente, en cuanto a la utilidad antes de impuestos de cada una de las metodologías se calcularon como el 5 % de los costos directos de los valores obtenidos por un lado de la ejecución real del proyecto y, por otro lado, del presupuesto obtenido del proceso de modelación por metodología BIM. Adicional, en la metodología BIM se hubiera evidenciado las inconsistencias en los diseños en la fase de planeación inicial.

3. CONCLUSIONES

Durante los últimos quince años se han generado diferentes estudios sobre la estimación de beneficios de utilizar la metodología BIM, teniendo en cuenta que gran parte de los proyectos al momento de su ejecución presentan mayor permanencia, cantidades y sobrecostos en lo planeado respecto a lo ejecutado.

Como se muestra en este artículo y en la revisión bibliográfica, en varios países la utilización de la metodología BIM ha tenido beneficios en los proyectos, los cuales se traducen en beneficios económicos, de tiempo y sociales; igualmente, existen diferentes investigaciones en el ámbito de la construcción las cuales obtuvieron resultados cualitativos a partir de diferentes metodologías como encuestas a expertos, revisiones del estado del conocimiento, las cuales al parecer carecen de datos empíricos que ayuden a validar dichos resultados.

La gerencia BIM como sistema de gestión para proyectos de construcción tomará la forma de paradigma para este sector de la industria en un mediano plazo. La iniciativa la tienen las empresas vendedoras de software y le han seguido algunas universidades interesadas en dar la mejor formación posible a sus estudiantes. No obstante, el tema supera el uso de un programa de computador para llegar a problemas como la legislación de la construcción a la obra pública con el uso de sistemas BIM, o como la formación disciplinar de los estudiantes. La complejidad de este tema requiere la participación de los diferentes actores involucrados para hacer factible la cualificación de las empresas del sector de la construcción en Colombia.

Asimismo, se ven día a día empresas y personas implementando plataformas tecnológicas y metodologías para mejorar sus procesos en desarrollo de sus proyectos y hasta el momento ha sido limitada a proyectos diseñados por algunas empresas privadas, lo que tal vez genere un beneficio a nivel local, el cual no es objeto de publicación por razones de seguridad o confidencialidad de la información, haciendo así que la implementación de la metodología esté progresando más rápido que la cantidad de datos empíricos que apoyan su implementación que, a su vez sin datos, pocos proyectistas pueden justificar la adopción de la metodología BIM y, los que están en la vanguardia de la tecnología BIM, pueden estar moviéndose en una dirección que no necesariamente conduce al éxito.

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera importante mencionar que algunas empresas y personas utilizan de manera indiscriminada el acrónimo "BIM" de tal manera que hay que aclarar que el hecho de modelar en 3D las edificaciones no quiere decir que se haya implementado la metodología BIM en el proyecto, ya que para que esto ocurra es necesario parametrizar y caracterizar el modelo de tal manera que se puedan simular procesos constructivos, tiempos y costos con el fin de obtener información relevante que permita tomar decisiones teniendo en cuenta además la integración de cada una de las disciplinas.

Es por esta razón entonces, que este artículo generó datos empíricos con el fin de evaluar la influencia en términos de costo de la implementación de la metodología BIM en un proyecto real y así poder conocer cuantitativamente los beneficios y limitaciones y de alguna manera validar los resultados cualitativos.

El realizar un modelado BIM permite equivocarnos virtualmente en el modelo y no en obra, generando un ahorro en costos por procesos mal diseñados. El modelo no sólo se utiliza para identificar conflictos entre disciplinas, sino que se convierte en una herramienta de análisis para revisar los criterios de diseño y la adecuada funcionalidad del conjunto entre las distintas instalaciones dependientes. Además permiten evaluar aspectos constructivos que faciliten un mejor planeamiento y control de las actividades de construcción a través de la gestión de subcontratistas. Tema que sería importante tratar en el futuro y que actualmente se viene descuidando.

Finalmente, una vez obtenidos los resultados de este estudio y su posterior análisis, se procedió a ponerlos en conocimiento de la empresa que desarrolló el proyecto, de manera que fueron discutidos y se concluyó que la empresa en primera instancia se

encontraba dispuesta a un cambio con el fin de obtener una mejora continua en los procesos, al final manifestaron que la implementación de la metodología se dificulta ya que es necesario que todos los profesionales que participan de los procesos de planeación y control deben conocer el correcto funcionamiento de la plataforma tecnológica para el desarrollo de estos proyectos lo que generaría una curva de aprendizaje que puede tener algunos costos por errores y re- procesos.

REFERENCIAS

- [1] Eloi Coloma Pico. Introducción a la Tecnología BIM. Barcelona, 2008.
- [2] Abrishami Sepher, Goulding Jack, Pour Farzad, Ganh Abdulkadir. Integration of BIM and generative design to exploit AEC conceptual design innovation. University of Central Lancashire, Preston. 2014.
- [3] Chuch Eastman – Paul Teicholz – Rafael Sacks – Katheleen Liston. BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Estados Unidos, 2008.
- [4] Eloi Coloma Pico. Introducción a la Tecnología BIM. Barcelona, 2008.
- [5] Jerry Laiserin. Designer’s BIM. The LaiserinLetter. Vertocworks Architect keeps design at the center of BIM process. 2010.
- [6] Autodesk, compañía fabricante de Software de Diseño – Revit.
- [7] Miki Cook,Doug Garrett. Green Home Building. Canadá. 2014.
- [8] Azhar, S., Hein, M.; Sketo, B., (2008). “Building Information Modeling: Benefits, Risks and Challenges”, Proceedings of the 44th Asc National Conference, Auburn, Alabama, USA.
- [9] Ulloa Karem, Salinas José. Mejoras en la Implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa Marcan. Perú, 2013.
- [10] Succar, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction. 2008.
- [11] Guide, A. (2014). PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE (PMBOK® GUIDE). In Project Management Institute.
- [12] Krieger Ralhp, Messner Jhon. The Uses of BIM, Classifying and Selecting BIM Uses. Version 0.9. September 2013.
- [13] Hergunsel, Mehmet. Benefits of Building Information Modeling for construction managers and BIM based scheduling. 2011.