



**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**

**Ensayo Opción de grado
Implementación de la metodología BIM en pregrado de ingeniería civil**

Elaborado por:
Diego Alejandro Sterling Gaitán
1103383

Profesor tutor:
Ing. Juan Carlos Castro Medina

Bogotá, agosto de 2022

República de Colombia
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CÍVIL



RESUMÉN

Siendo este una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción conforme a lo indicado por la asociación Building Smart Spanish Chapter, cuyo objetivo era centralizar toda la información del proyecto en un medio digital. Lo que generó que cada estructura o modelación se generará por cada profesional especializado, lo que conllevó a generar conflictos por falta de coordinación e interferencias en la realización del proyecto. En el capítulo 2 del presente ensayo se presenta los objetivos, consecuentemente con lo anterior, tras un estudio exhaustivo se pudo concluir que, de acuerdo a las falencias evidenciadas, se tuvo que producir un cambio en el sector de la construcción, por este motivo, la formación universitaria debe adaptarse a las nuevas tendencias del sector laboral. En el capítulo 7 del presente ensayo se presenta el punto clave de la modelación BIM, analizando el valor añadido que genera esta implementación en los proyectos de construcción y la implementación en el curriculum de la Universidad Militar Nueva Granada. De igual manera, se busca centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.

INTRODUCCIÓN

En el capítulo 3 del presente ensayo se presentan los métodos existentes en gestión de proyectos, se pudo evidenciar que hubo un surgimiento en el año 1975, con la creación del término (Building Information Modeling) BIM. Siendo este una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción conforme a lo indicado por la asociación Building Smart Spanish Chapter, cuyo objetivo era centralizar toda la información del proyecto en un medio digital.

Igualmente, conforme a los estudios realizados, se ha evidenciado que a mediados del siglo XX aparecieron las primeras herramientas computacionales siendo más efectivas a comparación de las hojas de cálculo, los ingenieros y los arquitectos dieron un paso importante con el uso de herramientas asistidas por computador “CAD” que permitió la modelación en 2D y 3D. Lo que generó que cada estructura o modelación (plano estructural, plano hidráulico...etc.) se generará por cada profesional especializado, lo que conllevó a generar conflictos por falta de coordinación e interferencias en la realización del proyecto.

En el capítulo 2 del presente ensayo se presenta los objetivos, consecuentemente con lo anterior, tras un estudio exhaustivo se pudo concluir que, de acuerdo a las falencias evidenciadas, se tuvo que producir un cambio en el sector de la construcción, por este motivo, la formación universitaria debe adaptarse a las nuevas tendencias del sector laboral (Becerik-Gerber, 2011). Por lo tanto, en la ingeniería Civil se debe innovar y gestionar nuevas metodologías para cualquier tipo de construcción o proyecto que se



vaya a llevar a la ejecución; teniendo en cuenta las tecnologías que se estén fomentando o aplicando en el área de la construcción.

Por otro lado, en Colombia, las construcciones son retrogradadas, aun con el surgimiento de la tecnología, se puede percibir a simple vista que las constructoras no implementan herramientas avanzadas, para mejorar la calidad de los productos, conllevando a una serie de imprevistos que afectan los métodos constructivos, generando falencias en la calidad de los procesos de coordinación, por los procedimientos utilizados para la planeación de estas infraestructuras esto partiendo desde la base de que no quieren generar costos en la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) (TORRES, 2019).

En el capítulo 7 del presente ensayo se presenta el punto clave de la modelación BIM (Building Information Modeling), analizando el valor añadido que genera esta implementación en los proyectos de construcción y la implementación en el curriculum de la Universidad Militar Nueva Granada. De igual manera, se busca centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes (Spain, 2017).

OBJETIVOS

- Dar a conocer la metodología BIM, exponiendo sus utilidades en el área de la construcción, explicar cada una de sus dimensiones.
- Explicar los diferentes beneficios que se obtiene al utilizar la metodología BIM.
- Explicación de la implementación de la metodología BIM en los pregrados de universidades internacionales y nacionales, aplicada en la ingeniería civil.
- Incentivar a la Universidad Militar Nueva Granada en la implementación de la metodología BIM en algunas materias, con el fin de hacer más competentes a sus egresados.



CONCEPTO BIM

El concepto BIM es bastante amplio dependiendo del enfoque y el contexto en el que se encuentre. Así mismo, BIM se puede entender como una modelación tridimensional geométrica con la capacidad de adquirir información través de objetos parametrizados según lo indica Raúl Eyzaguirre (Vela, 2015). Dicha simulación facilita la visualización del proyecto en cuanto a construcción, con la estimación de materiales para disminuir los desperdicios, y así generar cualquier plano de la fase constructiva del proyecto.

Se tiene que el concepto BIM sirve para referir procesos y generar aprovechamiento de la información proveniente del modelo en las diferentes etapas de un proyecto de construcción. Sin embargo, para redondear la idea de lo que realmente define a BIM, es necesario establecer una nueva metodología y gestión de procesos asentada en herramientas tecnológicas, la cual será la plataforma para el desarrollo de un proyecto de construcción. (Vela, 2015).

Actualmente, los profesionales dedicados al área de la construcción usan la tecnología BIM obteniendo una optimización en los tiempos lo que genera un aumento en la productividad y así tener una mejor competitividad. El uso de esta metodología es bastante amplio, puesto que, genera una base de datos extensa donde destacan los principales aspectos:

- Información y propiedades de cada uno de los elementos de dibujo.
- Base de datos interna para cualquier tipo de uso.
- Metrados de elementos estructurales y no estructurales.
- Lista de materiales.
- Programación de obra.



- Proveedores encargados de la manufactura.
- Análisis de diseño estructural, energético, flujo de aire, tuberías y documentación referida al proyecto.

BENEFICIO DE UTILIZAR LA TECNOLOGÍA BIM

Según (Salinas Saavedra y Ulloa Román, 2013) los beneficios del uso de la tecnología BIM son los siguientes:

- BIM es capaz de renderizar los diseños con alto grado de realismo, haciendo que los diseños sean más accesibles para los que no tengan conocimiento técnico.
- Las alternativas de diseño se aumentan, manteniendo la coherencia de este.
- Algunos softwares BIM pueden estimar costos y usan herramientas de análisis de ingeniería.
- BIM es capaz de generar automáticamente dibujos, ya que con algunos datos de entrada se genera automáticamente los modelos.
- Con la tecnología BIM se puede obtener una rápida generación y evaluación de alternativas, ya que se integran paquetes para las visualizaciones en 4D.
- Los modelos ofrecen detalles constructivos e información para fabricación. Obteniendo una optimización en costos y manera más precisas para realizarse.
- BIM es capaz de identificar los problemas internos y genera opciones para resolver el problema.

Después de recopilar datos sobre 32 proyectos importantes, el Centro de ingeniería de instalaciones integradas de la Universidad de Stanford informó los siguientes beneficios de BIM (Azhar, 2011):

- BIM ayuda a la eliminación de un 40% de cambio no presupuestado.
- Las estimaciones de los costos tienen una precisión dentro del 3% en comparación de los métodos tradicionales.
- El tiempo de la estimación de costos se redujo hasta un 80%.
- El valor del contrato tendrá un ahorro del 10% en el equivalente a conflictos.
- El tiempo de la realización del proyecto se redujo en 7%.

DIMENSIONES DE BIM

Se explicarán a continuación las diferentes dimensiones de BIM según (AGUADO, 2016). Lo más importante para poder entender la metodología BIM es que en la planeación de cualquier proyecto ya no se debe tener en cuenta en torno a tres dimensiones, si no que a lo largo de la construcción y vida útil del proyecto intervienen más dimensiones (figura 1).



Figura 1. Dimensiones BIM (AGUADO, 2016).

Dimensión 3D. Modelo tridimensional: Es la representación geométrica detallada de todas las fases de diseño de cada parte del proyecto.

Dimensión 4D. Programación: Es la parte logística del proyecto a lo largo de la ejecución en sus diferentes partes del proceso, con el fin de tener un resultado final más predecible.

Dimensión 5D. Estimación de costos: Abarca toda la parte de costos y gastos del proyecto, permitiendo obtener un mayor manejo contable y datos financieros.

Dimensión 6D. Sostenibilidad: En esta fase de la dimensión de BIM ofrece la posibilidad de conocer el impacto que tendrá el proyecto antes de la ejecución, analizando los materiales usados y el tipo de combustible usado.

Dimensión 7D. Mantenimiento: Proporciona el control logístico y operacional del proyecto para obtener una prolongación en su vida útil y eficiencia. A través del modelo 3D manejar toda la información en una base de datos la que se encargara del control del proyecto.

IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA BIM EN ASIGNATURAS DE INGENIERÍA CIVIL

La universidad de Yucatán aprovechó la ocasión de la actualización del plan de estudios de su programa de ingeniería civil para revisar estas asignaturas, actualizar sus programas e introducir el uso de tecnologías BIM en el aprendizaje de los temas tratados. Partiendo de la competencia general de egreso para el área de construcción del plan de estudios de Ingeniería Civil: Administrar la ejecución de los proyectos de construcción a través del uso sustentable de los recursos requeridos, cumpliendo con el tiempo, costo, calidad, y seguridad establecidos, se plantearon competencias más específicas para esta área. (Metropolitana, 2018)



A continuación, se enlistan las asignaturas que se analizaron (Metropolitana, 2018):

- **Asignatura procedimientos de construcción**
 - ✓ **Fabricación digital:** Proceso que utiliza información digitalizada para facilitar la fabricación de los materiales o elementos de la construcción. Este proceso nos ayuda a contar con la información de los materiales que se realizan fuera del sitio de construcción. Con el uso adecuado de esta tecnología también podría planearse el montaje de elementos prefabricados.
 - ✓ **Diseño del sistema de construcción:** En este proceso se emplea softwares para diseño de sistemas en 3D para diseñar y analizar la construcción de un edificio complejo y facilitar la planeación.
 - ✓ **Reducción de errores en diseño:** Procesos en que las herramientas de BIM se utilizan para minimizar los errores en la fase de diseño, en este proceso se puede identificar la superposición de dos o más elementos y se previene los altos sobrecostos durante la etapa de construcción.
- **Asignatura planeación y organización de proyectos**
 - ✓ **Planeación de las fases de construcción (modelación 4D):** Esta es una poderosa herramienta para la visualización y comunicación del proyecto, que puede dar los participantes en la construcción, incluyendo el cliente, un mejor entendimiento de los puntos clave del proyecto y los planes de construcción.
- **Asignatura estimación de costos**
 - ✓ **Estimación de Costos (cuantificación):** Proceso en el que BIM puede ser implementado para la cuantificación precisa de volúmenes de los conceptos de trabajo y la estimación de sus costos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Esto puede ayudar a controlar los sobrecostos más excesivos durante todas las etapas del proyecto.
- **Asignatura ejecución y control de proyectos**
 - ✓ **Planificación de la utilización del sitio:** En esta etapa BIM representa las instalaciones permanentes y temporales durante las diferentes etapas del proyecto, esto también estaría ligado en la programación de actividades con el fin de comunicar las secuencias en los trabajos; agregando maquinarias y equipos.



- ✓ **Planificación de desastres:** El modelo BIM podría suministrar información crítica que mejoraría la eficiencia d emergencias y minimizaría los riesgos accidentales, las posibles rutas de acceso y ubicaciones peligrosas dentro de las instalaciones.

PROGRMAS IMPLEMENTADOS EN EL CURRÍCULUM DE INGENIERIA CIVIL EN COLOMBIA

En el 2019 la universidad AREANDINA implemento el uso de BIM en su curriculum, con el fin de mejorar el programa de ingeniería civil, esta universidad cuenta con 64 asignaturas, de las cuales la metodología BIM se implementó en 16 asignaturas; para que el egresado Areandino tenga una ventaja en la planeación de obras. (Cabana, 2021)

A continuación, se muestra la implementación de la metodología BIM en el curriculum de ingeniería civil optado por la universidad AREANDINA:

ASIGNATURA	TEMAS	PROGRAMAS
INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA	Aspectos específicos de la ingeniería	AutoCAD y Revit
	Aportes importantes de la ingeniería	
	Aspectos complementarios de la ingeniería	
TOPOGRAFÍA	Levantamiento topográfico con un lote por radiación con teodolito y cinta métrica	Civil3d- Infraworks
	Levantamiento topográfico por poligonal cerrada y abierta	
	Cálculo de volumen	
	Sistemas de coordenadas	
	Magna - Sirgas	
	Generación de informes	
MECÁNICA DE FLUIDOS	Fórmula de Darcy-Weisbach	Revit- Pipe Flow
	Fórmula de Házem-Williams	
	Otras pérdidas de carga	
	Tuberías equivalentes	
	Tuberías en serie	
	Tuberías en paralelo	
HIDROLOGÍA	Cartografía básica para la delimitación de la cuenca	Infraworks
	Área	
	Forma	
	Pendiente	
MECÁNICA ESTRUCTURAL	Análisis de estructuras indeterminadas por el método de la deformación consistente	Revit- Robot structural o Tekla
	Carga crítica en columnas.	



ACUEDUCTO	Diseño de pozos	Revit- Pipe Flow
	Diseño de estaciones de bombeo	
	Bombas especiales	
	Selección del equipo	
	Arranque y parada de equipos	
	Obras de toma: Diseño, descripción, tomas en cuerpos eutróficos	
HIDRÁULICA	Geometría de la sección transversal al flujo	Revit- Pipe flow
	Elementos geométricos e hidráulicos de la sección transversal al flujo	
	Parámetros básicos de diseño	
	Perfil del Salto Hidráulico	
	Vertederos	
DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS	Geometría horizontal	Civil3d- Infracworks
	Transición del peralte	
	Geometría vertical	
	Seguridad del camino	
	Sección transversal	
DISEÑO ESTRUCTURAL	Acero de refuerzo. anclaje, traslape, despiece, interpretación de planos	Revit- Robot structural o tekla
	Columnas	
	Cimentaciones	
ALCANTARILLADO	Redes de alcantarillado de aguas lluvias. parámetros de diseño	Revit- Pipe flow
	Diámetro mínimo	
	Velocidad y Pendientes mínima y máxima	
	Estructuras de conexión de colectores y pozos de inspección	
	Cámara de caída	
	Sumideros	
	Aliviaderos	
	Transiciones	
	Canales	
	Sifones invertidos	
	Instalaciones	



INGENIERÍA DE TRANSITO	Regulaciones del tráfico: señales de tráfico y glorietas. Regulaciones de tráfico, señales y marcas de pavimento. Jerarquía en las vías y manejo local del tráfico. Desempeño de intersecciones y evaluación del impacto del tráfico.	Civil3d- Infracworks
	Comportamiento del transporte. peatones, ciclistas, transporte público. Modelamiento del transporte. Manejo de tráfico, diseño de parqueaderos. Seguridad vial, tratamiento de sitios de alto riesgo y auditoría de la seguridad vial.	
CONSTRUCCIÓN I	Obras de construcción.	Revit - Navisworks
	Tiempo en las obras	
	Sistemas constructivos	
	Sistemas constructivos industrializados	
PRESUPUESTO	Análisis de precios unitarios	Revit - Navisworks
	Presupuesto de obras	
PROGRAMACIÓN DE OBRA	Programación de diversos aspectos de un proyecto	Revit - Navisworks
	Control de proyectos	
CONSTRUCCIÓN II	Planeación y programación	Revit - Navisworks
	Cimentación	
	Estructuras en concreto	
	Instalaciones hidrosanitarias y eléctricas	
	Mampostería y pañetes	
	Enchapes	
CIMENTACIONES	Hormigón armado	Revit - Navisworks
	Normatividad	

Figura 2. Implementación de la metodología BIM en el programa de ingeniería civil (Cabana, 2021).

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

Actualmente en el curriculum de la universidad Militar Nueva Granada está la implementación de materias que apuntan a esta metodología BIM, (BIM aplicado a la construcción de edificaciones y herramientas computacionales) estas asignaturas son electivas profesionales, pero como estudiante de decimo semestre me parece importante que las directivas de la universidad incentiven el uso de esta metodología BIM desde las materias que son aplicadas a la ingeniería civil, promoviendo a que su curriculum sea aún más competitivo a comparación de otras universidades.

A continuación, se proponen las asignaturas que deberían ser explicadas con la metodología BIM:



- **Asignatura de programación de obras y costos:** Esta asignatura puede ser la mas importante al momento de ser recién egresado, ya que, sin obtener algún tipo de experiencia, se podría realizar la programación de obra y a su vez analizar el costo de algún proyecto.
Para esto la metodología BIM ofrece dos programas que genera lo necesario para el desarrollo del proyecto en esta etapa esencial, estos programas son REVIT y NAVISWORKS.
- **Asignatura análisis de estructuras I y Asignatura análisis de estructuras II:**
Para esta asignatura el uso de la metodología BIM es lo más objetivo, ya que, la mayoría de los estudiantes que aplican a ingeniería civil les apasiona las estructuras, y al momento de ser egresados puede que se encuentren con la revisión de algún diseño estructural.
Para esto la metodología BIM ofrece dos programas que podrían ser de gran ayuda al obtener conocimiento, estos programas son REVIT-ROBOT STRUCTURAL Y TEKLA.

CONCLUSIONES

- Lo más importante de este avance tecnológico sería la capacidad que tendrían los recién egresados de la Universidad Militar Nueva Granada para competir con otros egresados de diferentes universidades.
- Al incentivar a la Universidad Militar al uso de esta metodología podría llamar la atención de más público y por lo tanto tendría más estudiantes en sus aulas de estudio, ya que esta metodología no la usa muchas universidades hablando nacionalmente.
- Se logró explicar el concepto BIM con el fin de promover el uso de este, obteniendo un valor añadido en cada proyecto que se realice, reduciendo costos, optimizando tiempos y lo más importante con tecnología para la sostenibilidad ambiental que es lo que actualmente se busca en cualquier proyecto de ingeniería civil.



BIBLIOGRAFÍA

- AGUADO, A. L. (07 de Noviembre de 2016). *IMPACTO DEL BIM EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO Y LA OBRA DE ARQUITECTURA*.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/98562/L%C3%93PEZ%20-%20EGA-F0037%20Impacto%20del%20BIM%20en%20la%20gesti%C3%B3n%20del%20proyecto%20y%20la%20obra%20de%20arquitectura%3A%20Un%20proyec....pdf?sequence=1>
- Azhar, S. (Julio de 2011). *Modelado de información de construcción (BIM): tendencias, beneficios, riesgos y desafíos para la industria AEC*. ASCE LIBRARY:
<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29LM.1943-5630.0000127>
- Becerik-Gerber, B. G. (2011). *VIRGINA TECH*. The Pace of Technological Innovation in Architecture, Engineering, and Construction Education: Integrating Recent Trends Into the Curricula: <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/92598>
- Cabana, J. I. (07 de 09 de 2021). *IMPLEMENTACIÓN METODOLOGÍA BIM DESDE EL CURRÍCULO EN INGENIERIA CIVIL AREANDINA*. Encuentro internacional de educación en ingeniería :
<https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/1926/1725>
- Metropolitana, U. A. (2018). *BIM EN LA UNIVERSIDAD* . DSPACE:
<http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/5781>
- Salinas Saavedra, J. R., & Ulloa Román, K. A. (Noviembre de 2013). *Mejoras en la implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa Marcan* . ResearchGate:
https://www.researchgate.net/publication/278676618_Mejoras_en_la_implementacion_de_BIM_en_los_procesos_de_diseno_y_construccion_de_la_empresa_Marcan
- Spain, B. S. (2017). *Building SMART Spain*. Spanish journal of BIM :
<file:///C:/Users/sterl/Downloads/SJBIM%201702.pdf>
- TORRES, Y. A. (2019). *Universidad Catolica de Colombia* . COORDINACION DE UN PROYECTO DE EDIFICACION MEDIANTE METODOLOGÍAS BIM – CASO DE ESTUDIO EDIFICIO TEQUENDAMA II -PERDOMA:
<file:///C:/Users/sterl/Downloads/TRABAJO%20DE%20GRADO-BIM%204D%20Y%205D-YEISON%20ANGEL-505745.pdf>
- Vela, R. R. (Noviembre de 2015). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ* . POTENCIANDO LA CAPACIDAD DE ANÁLISIS Y COMUNICACIÓN DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN,MEDIANTE HERRAMIENTAS VIRTUALES BIM 4D DURANTE LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN:
file:///C:/Users/sterl/Downloads/EYZAGUIRRE_RAUL_POTENCIANDO_ANALISIS_COMUNICACION_PROYECTOS_CONSTRUCCION.pdf