

**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Programa de  
colaboración  
de la Red  
Académica  
Tecnología  
BIM**

**Compilación de Artículos de Investigación  
de la Red Académica Internacional  
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para  
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Aplicación de la metodología para  
la generación de modelos BIM  
aprovechables en distintos usos  
de la etapa de ejecución de  
proyectos de edificación**

**Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez  
Mtro. Romel Gilberto Solís Carcaño  
Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN**



# Aplicación de la metodología para la generación de modelos BIM aprovechables en distintos usos de la etapa de ejecución de proyectos de edificación.

**Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez**

selene.audeves@correo.uady.mx

**Mtro. Romel Gilberto Solís Carcaño**

tulich@correo.uady.mx

**Mtro. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé**

zgrife@uady.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

## ABSTRACT

When properly implemented, the Building Information Modeling Technology (BIM) can provide many benefits to a project. BIM implementation requires detailed planning and fundamental changes in the processes by members of the project team as well, to make successfully use of information related with the BIM model. BIM models can be developed at any stage of project, therefore the information contained therein will be dependent on the stage of project development. Document Specification Level of Development (LOD) is a reference that allows professionals in architecture, engineering and construction, specify and articulate with a high level of clarity and content reliability of the data contained in the BIM models for the different stages of lifecycle of projects. In this paper the application of an exposed existing methodology for generating models BIM. Which are usable in different uses of the implementation phase of building projects.

Five uses related to the construction phase of BIM were selected. Also the responsibilities of the participants and the technology to use were defined, based on the availability and dominion of the software. Among the most important results is that by defining a BIM model based on a specific application, the utility of the models can be optimized in the implementation phase and reduce unnecessary modeling efforts.

## KEYWORDS

BIM model, uses BIM, LOD, building

## RESUMEN

Cuando se implementa correctamente la tecnología Building Information Modeling (BIM), ésta puede proporcionar muchos beneficios en un proyecto. La implementación de BIM requiere una planificación detallada, así como modificaciones fundamentales de los procesos por parte de miembros del equipo del proyecto, para lograr con éxito el uso de la información incluida en el modelo inteligente o modelo BIM. Los modelos BIM pueden ser producidos en cualquiera de las etapas del proyecto, por lo tanto la información contenida en ellos será dependiente de la fase del desarrollo del proyecto. El documento Level of Development Specification (LOD) es una referencia que permite a los profesionales de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y la fiabilidad de los datos contenidos en los modelos BIM para las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos. En el presente trabajo se expone la aplicación de una metodología existente para la generación de modelos BIM, aprovechables en distintos usos de la etapa de ejecución de los proyectos de edificación; para lo cual se seleccionaron cinco usos de BIM ligados a la fase de construcción, también, se definieron las responsabilidades de los participantes y se identificó la tecnología a utilizar, en base a la disponibilidad del software y dominio del mismo. Dentro de los resultados más importantes destacó el hecho de que definir un modelo BIM en base a un uso específico permite optimizar la utilidad de los modelos en la etapa de ejecución y reducir esfuerzos innecesarios en el modelado.

## PALABRAS CLAVE

Modelo BIM, usos BIM, LOD, construcción.

## INTRODUCCIÓN

Cuando se implementa correctamente la tecnología *Building Information Modeling (BIM)*, ésta puede proporcionar muchos beneficios en un proyecto. El valor de BIM ha sido ilustrado a través de proyectos bien planificados donde se obtuvieron beneficios como: aumento de la calidad del diseño; mayor prefabricación debido a las condiciones del campo predecibles; mejora de eficiencia en el campo mediante la visualización de la programación de la construcción; aumento de la innovación a través del uso de aplicaciones de diseño digital; asimismo al final de la fase de construcción, la información valiosa puede ser utilizada por el usuario del edificio para la gestión de activos, la planificación del espacio y la programación de mantenimiento, para mejorar el rendimiento global del edificio o de sus instalaciones. Sin embargo, también ha habido ejemplos de proyectos en los que el equipo de trabajo no planificó eficazmente la implementación de BIM, dando lugar al aumento de los costos incurridos por los servicios de modelado, retrasos en el programa debido a la falta de información, y poco o ningún valor añadido. (Project Execution Planning Guide, 2011).

La implementación de BIM requiere una planificación detallada, así como modificaciones fundamentales de los procesos por parte de miembros del equipo del proyecto para lograr con éxito el uso de la información incluida en el modelo inteligente o modelo BIM. (Project Execution Planning Guide, 2011). El aspecto más interesante de la adopción de BIM es la extracción, análisis y comunicación de los datos contenidos en un modelo inteligente, el cual es creado para eliminar las ineficiencias en el proceso de construcción, y en él se reflejan todos los cambios que se realizan en las etapas de diseño y ejecución del proyecto. (Reddy, 2012)

Un modelo BIM incluye además de un modelo virtual en 3D gran cantidad de información. Parte de esta información es física, la cual puede ser: las dimensiones del objeto (su tamaño), la ubicación del objeto en relación con la ubicación de los otros objetos en el modelo o la cantidad de objetos en el modelo. También el modelo BIM puede contener información paramétrica, la cual se refiere a la información que distingue un componente particular de otro que es similar, es decir, un elemento muro que esté generado con la misma herramienta puede tener distintos parámetros como: el tipo de material (madera o metal espárragos, tipo de placas de yeso, etc.), el proveedor, etc. (Kymmell 2008).

Los modelos BIM pueden ser producidos en cualquiera de las etapas del proyecto, por lo tanto la información contenida en ellos será dependiente de la fase del desarrollo del proyecto. La naturaleza, el nivel de detalle y la cantidad de información puede cambiar a lo largo del proceso de planeación; siendo ésta, la razón más importante por la que es tan difícil mantener el mismo modelo a través de las distintas fases del proyecto; es muy importante planificar cuidadosamente el contenido del modelo para que el proceso de modelado sea tan eficiente como sea posible, y se maximice la utilidad de los modelos. (Kymmell 2008).

El documento *Level of Development Specification (LOD)* es una referencia que permite a los profesionales de la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y la fiabilidad de los datos contenidos en los modelos BIM para las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos. El LOD define e ilustra las características, los elementos del modelo de diferentes sistemas de construcción en diferentes niveles de desarrollo.

Esta clara articulación permite a los autores de los modelos definir aquello para lo cual sus modelos son fiables, y permite a los usuarios que entiendan claramente la utilidad y las limitaciones de los modelos que van a recibir. El objetivo principal de la herramienta LOD es ayudar a los equipos de trabajo, incluidos los propietarios, especificar entregables BIM y obtener una imagen clara de lo que se incluirá en un modelo BIM (LOD, 2013).

## OBJETIVO GENERAL

Aplicar una metodología existente para la generación de modelos BIM, aprovechables en distintos usos de la etapa de ejecución de los proyectos de edificación.

## DESARROLLO

El presente trabajo de investigación fue realizado por varios participantes de La Red Académica Integración del Diseño y Construcción, compuesta por el Cuerpo Académico (CA) "Administración para el diseño" de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM); el grupo "Master Builder" del Worcester Polytechnic Institute (WPI); y el CA "Ingeniería de la Construcción" de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). La metodología aplicada para la generación de modelos BIM fue tomada de *BIM Project Execution Planning Guide*.

El documento "*BIM Project Execution Planning Guide*", el cual llamaremos documento guía, es un producto de buildingSMART alianza (BSA), el cual fue desarrollado para proporcionar un manual práctico que puede ser utilizado por los equipos de un proyecto para diseñar su estrategia de BIM y desarrollar un plan de ejecución del proyecto. El núcleo del modelado y los conceptos de intercambio de información han sido diseñados para complementar los objetivos a largo plazo de la BSA en el desarrollo de una norma que puede ser implementado en toda la Industria AECOO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción, Propietario y Operador) para mejorar la eficiencia y la eficacia de la aplicación BIM en proyectos.

En el documento guía se indica la necesidad de establecer el procedimiento de planeación de la ejecución del proyecto BIM, el cual consta de los siguientes cuatro pasos fundamentales (ver Figura 1):

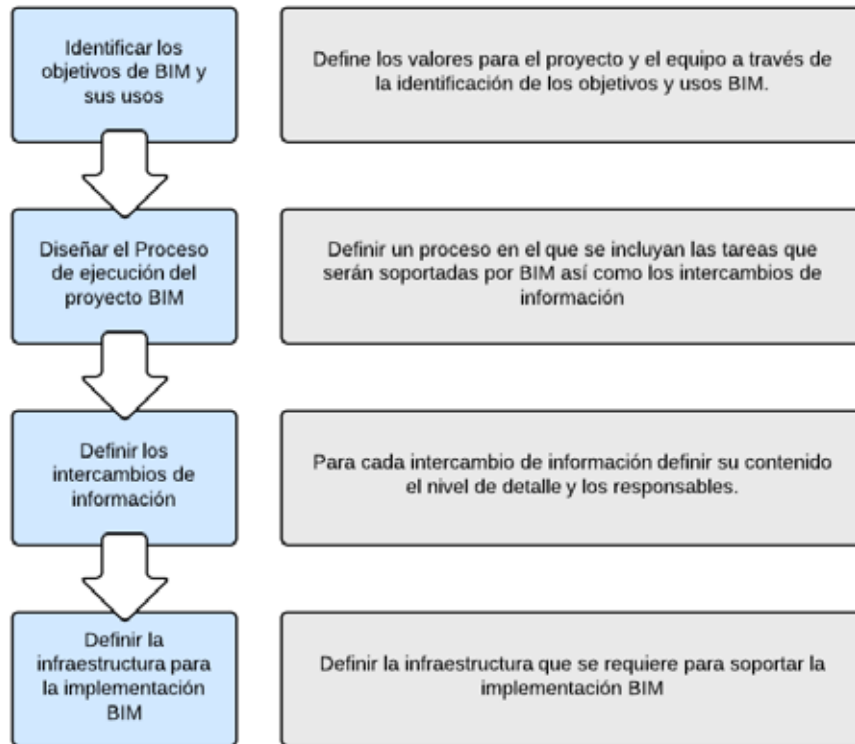


Figura 1. Procedimiento de la planeación de la ejecución del proyecto

### 1. Identificar los objetivos de BIM y sus usos.

Uno de los pasos más importantes del proceso es precisar claramente el valor potencial de BIM para un proyecto en sí, así como para cada uno de los participantes del proyecto, esto se logra mediante la definición de los objetivos generales de la implementación BIM. Los objetivos pueden ser basados en el desempeño del proyecto, como por ejemplo reducir la duración del proyecto (diseño y/o construcción), tener una mayor productividad en campo durante la construcción, incrementar la calidad, reducir los errores o cambios, etc. Una vez definidos los objetivos, el siguiente paso es definir los usos específicos de BIM en un proyecto.

Un uso BIM se define como “un método de aplicación de la tecnología BIM durante el ciclo de vida de un edificio para lograr uno o varios objetivos específicos (Kreider R. and Messner J., 2013). En el documento guía, se contemplan 25 usos para las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos; cabe mencionar que estos usos no son limitativos de todos los posibles usos de BIM (ver Figura 2).



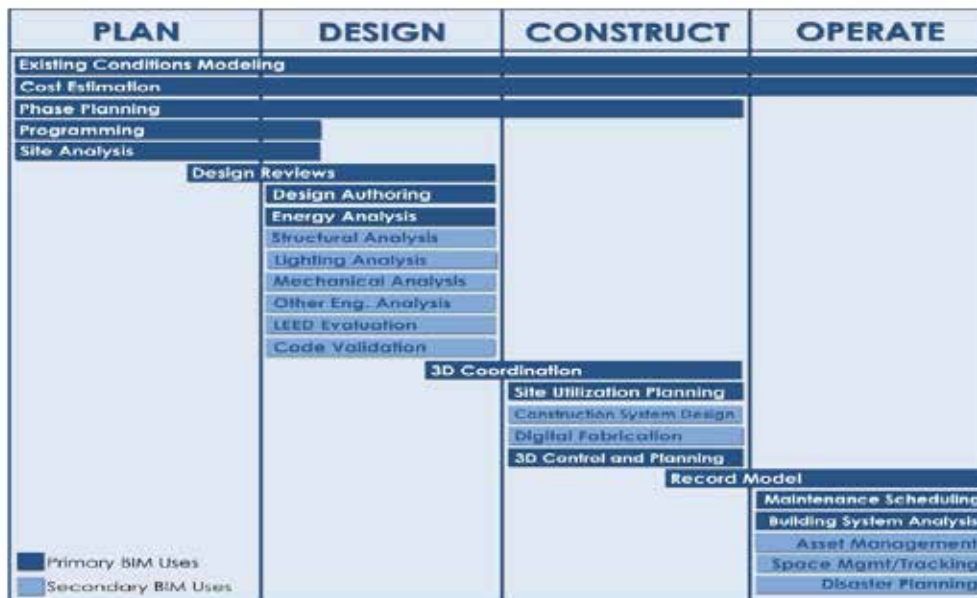


Figura 2. Usos BIM a lo largo del ciclo de vida de los proyectos

2. Diseñar el proceso de ejecución del proyecto BIM.

En este paso del proceso se indica que una vez definidos los usos BIM, el siguiente paso es mapear el procedimiento para la planeación de la implementación BIM, para lo cual el documento guía contiene un mapa general que muestra la secuencia e interacción entre los principales usos BIM del proyecto, a fin de proporcionar un claro entendimiento a los participantes del proyecto de cómo su trabajo se relaciona con el trabajo de los demás. También contiene un mapa del proceso para cada uno de los usos BIM.

3. Definir los intercambios de información.

El documento guía indica que basados en los mapas de proceso creados, el intercambio de información que ocurrirá entre los participantes en el proyecto debe ser definido. Para esto es necesario determinar los formatos en los que la información debe ser entregada/recibida (por ejemplo PDF, DWG, RVT etc.); este paso se define tomando en cuenta la tecnología disponible, en base a la disponibilidad de software y su dominio por parte de los participantes.

4. Definir la infraestructura para la implementación BIM.

En cuanto a este último paso el documento guía muestra que la definición de la infraestructura consiste en precisar los procedimientos de comunicación, asignación de responsabilidades de los equipos, definición de la infraestructura tecnológica, así como la identificación de los procedimientos de control de calidad para asegurar que el modelo comunique la información requerida a los siguientes procesos.

**Aplicación del documento: "BIM Project Execution Planning Guide"**

La decisión por parte de los integrantes de la Red Académica acerca de utilizar el documento "BIM

*Project Execution Planning Guide*” radica en que éste daría las pautas para poder cumplir con el objetivo planteado en el proyecto de la Red.

Con el fin de integrar los conocimientos y experiencia de los integrantes de los cuerpos académicos de la Red, se establecieron tres equipos de trabajo de acuerdo a las fortalezas de cada uno; para lo cual, la UAM fungió como el equipo de diseño, la UADY como el equipo de construcción y el WPI por su experiencia en la aplicación de la tecnología BIM como el equipo director del proyecto.

Una vez definidos los tres equipos de trabajo, se estableció el tipo de proyecto a desarrollar, tomando en cuenta tanto los recursos y tiempo disponible, así como que el proyecto esté compuesto por varios elementos constructivos que le den un grado de complejidad y no tanto por el tamaño; por tanto, el proyecto a desarrollar consistió en una caseta de vigilancia, de aproximadamente 145 metros cuadrados de construcción, compuesta de dos niveles y estructuras de concreto coladas in situ.

Para determinar cuáles de los 25 usos BIM se aplicarían en el proyecto del diseño y planificación de la construcción de la “Caseta de vigilancia”, se clasificaron en los usos en los siguientes tres grupos:

- Los usos BIM para la etapa del diseño, los cuales se refieren a los usos que inician y terminan durante la fase de planeación y diseño del proyecto, y que requieren de la participación temprana del constructor.
- Los usos BIM para ambas etapas (diseño y construcción de manera integrada), los cuales se refieren a los usos que inician en la fase de planeación o diseño y continúan o terminan durante la fase de la construcción y que deben desarrollarse de manera integrada. Estos usos comúnmente se usan para la coordinación de los sistemas del edificio y mejorar la constructabilidad del mismo.
- Los usos BIM para la etapa de la construcción, los cuales se refieren a los usos que inician y terminan en la fase de construcción del proyecto. Estos usos comúnmente se usan para la planeación y control de la construcción.

Los usos BIM correspondientes a la etapa de diseño fueron seleccionados por el equipo formado por los integrantes del CA de la UAM; dentro de las acciones se definieron las especificaciones, arquitectura, espacios y dimensiones de la caseta de vigilancia, dando como resultado la generación de la primera versión del modelo BIM, en el cual también se integraron las ingenierías, las cuales fueron diseñadas por el CA de la UADY; los encargados de modelar dichas ingenierías fueron los integrantes del WPI, esto debido a su experiencia en el manejo de software (ver Figura 3).



Figura 3. Primera versión del modelo BIM.

Para la comunicación entre los diferentes equipos se utilizó el servidor o nube Sugarsync; además se definió una estructura para el intercambio ordenado y eficiente de información correspondiente al proyecto. El resultado de la interacción entre los 3 equipos de trabajo del WPI, UAM Y UADY, mostró que es posible integrar el diseño y la construcción en el desarrollo del modelo BIM del proyecto de la caseta de vigilancia.

Para el desarrollo del presente trabajo, el cual está enfocado a la etapa de construcción, el equipo conformado por los integrantes del CA de la UADY seleccionó los siguientes 5 usos BIM ligados a la etapa de ejecución del proyecto:

- Modelado de las Condiciones Existentes
- Estimación de Costos con el Modelo BIM
- Fases de Planeación (Modelos 4D)
- Coordinación en 3D
- Planeación de la Utilización del Sitio

Después de seleccionar los 5 usos BIM, el siguiente paso fue evaluar la importancia, la factibilidad e implicaciones de cada uno de ellos para decidir si se procede o no con su implementación.

El procedimiento de evaluación de los usos BIM seleccionados se realizó utilizando los siguientes criterios:

- Recursos necesarios para implementar los usos BIM requeridos: personal, software, capacitación en el uso del software, equipo de cómputo y soporte técnico.

- Competencia del equipo para implementar exitosamente el uso específico de BIM. Para determinar competencia, el equipo debe entender los detalles para el uso de BIM y cómo serán llevados a cabo en un proyecto.
- Experiencia asociada con el uso de BIM en el pasado por parte de los integrantes del equipo. La experiencia asociada con cada uso BIM es vital para una implementación exitosa, sin embargo, dicha experiencia no implica necesariamente el uso de la tecnología BIM. Por ejemplo, el equipo puede haber realizado la planeación del sitio de la obra con anterioridad sin haber utilizado BIM.

Para facilitar la evaluación se utilizó el formato “Análisis de los usos BIM” (ver Figura 4).

Usos BIM*	Valor al Proyecto	Personas(o) Responsable (s)	Valor a la(s) Persona(s) Responsable	Grados de Capacidad			Recursos Adicionales / Habilidades Requeridas por Implementar	Notas	Proceder con el Uso
	Bajo/Medio/Alto		Alto / Medio / Bajo	Escala 1-3 (1=Bajo)					SI / NO / Talvez
				Recursos	Habilidades	Experiencia			
Estimación de Costos con el Modelo BIM	Alto	Nicolás Zaragoza	Alto	2	3	3	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción.	SI
		Selene Audeves	Medio	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción.	
Coordinación en 3D	Alto	Selene Audeves	Alto	2	2	2	Licencia de última versión del Revit		SI
		Rómel Solís	Medio	2	1	1	Licencia de última versión del Revit		
Fases de Planeación (Modelos 4D)	Alto	Selene Audeves	Alto	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción.	SI
		Nicolás Zaragoza	Medio	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción.	
		Gilberto Corona	Bajo	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción.	
		Rómel Solís	Bajo	2	2	2	Licencia de última versión del Revit	Prioritario para el equipo de construcción.	
Modelado de las Condiciones Existentes	Bajo							SI	

Figura 4. Análisis de los usos BIM para las etapas de diseño y construcción integradas

Como parte de la aplicación del documento guía se contempló la realización de los mapas de los procesos de los 5 usos seleccionados, para lo cual se tomaron como base los mapas propuestos en dicho documento; éstos fueron analizados por los equipos del WPI y la UADY, y en algunos casos se realizaron modificaciones respecto a los actores (constructores, arquitectos, etc.); además, se estableció el LOD para los modelos BIM, así como el software propuesto (ver Figura 5).

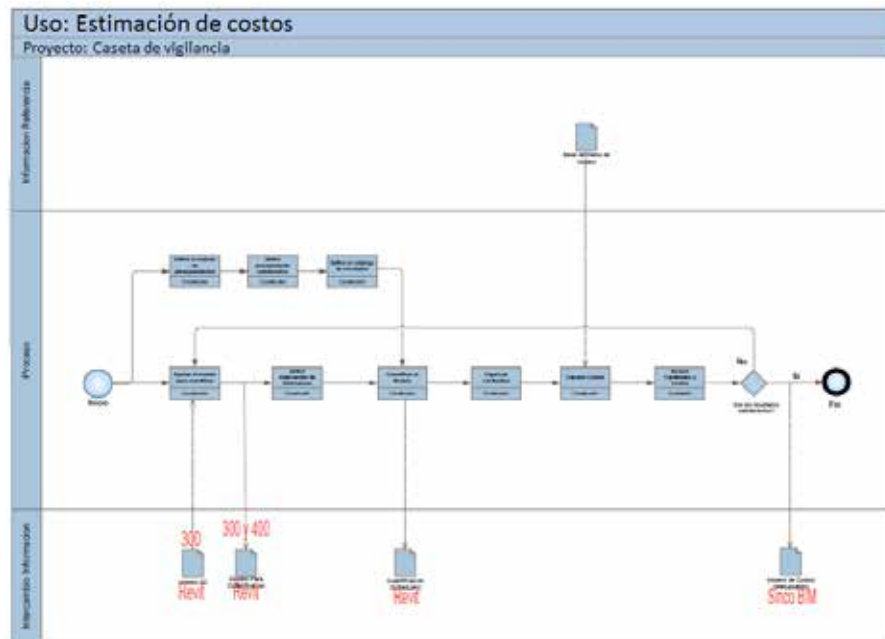


Figura 5. Mapa modificado del proceso del uso BIM: Estimación de costos.

Una vez seleccionados los usos BIM ligados a la etapa de construcción, realizadas la evaluación de la factibilidad de implementación de los mismos y la definición de los mapas de los procesos, lo siguiente fue implementar cada uno de los usos BIM, utilizando el modelo BIM de la caseta de vigilancia. Los resultados de dicha implementación se describen en el siguiente apartado.

## RESULTADOS

*El uso BIM Modelado de las condiciones existentes*, corresponde al proceso en el cual el equipo del proyecto desarrolla un modelo 3D de las condiciones existentes del sitio, edificios en el sitio, o un área específica dentro de un edificio Este modelo puede desarrollarse de muchas maneras dependiendo de lo que se desea obtener, y que sea eficiente; además puede integrarse con el modelo 4D para la planeación del sitio de la obra que corresponde a otro de los usos BIM (Project Execution Planning Guide, 2011).

La planificación del sitio y la utilización adecuada es un punto crítico que tiene un impacto significativo en el éxito general del proyecto; donde el superintendente y el gerente de proyecto puede sentarse y estudiar los servicios públicos existentes, opciones de acceso al sitio, las condiciones de seguridad y rutas de evacuación, planes de excavación, la colocación de la maquinaria y opciones para las áreas de almacenamiento. Todo esto con el fin de poder tomar las mejores decisiones en cuanto a cómo proceder en la ejecución del proyecto (Jackson, 2010).

El alcance de esta investigación no contempla la construcción del proyecto caseta de vigilancia, sin

embargo, se acordó darle una ubicación a fin de poder contar con información real para la generación del modelo correspondiente a este uso BIM; por lo anterior, se optó que dicho proyecto se ubicara en las instalaciones de la UAM.

En la Figura 6 se muestra el modelo BIM realizado para dicho uso, en el cual se incluyó, todo el terreno disponible para la construcción, elementos constructivos existentes en este caso es una barda, la calle y red de drenaje municipal. El LOD de este modelo puede corresponder al nivel 200, esto debido a que los elementos que se requieren visualizar están representados genéricamente, además de que pueden o no contar con información no gráfica en sus elementos (LOD, 2013); sin embargo, éstos si contienen información paramétrica como cantidad, tamaño, forma, ubicación, siendo estos datos suficientes para tomar decisiones respecto a este uso BIM.

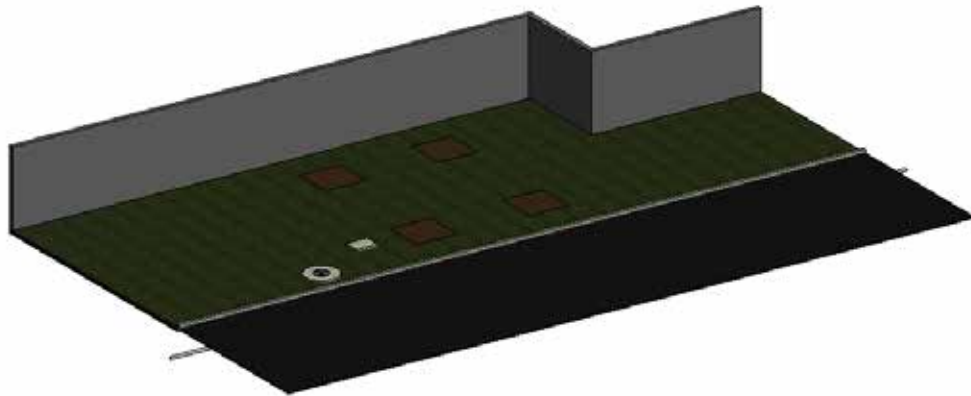


Figura 6. Modelo correspondiente al uso BIM : Modelado de las condiciones existentes.

Este modelo se ubicó geográficamente, para lo cual se utilizó la tecnología SIG (Sistemas de Información Geográfica), a fin de poder visualizar los componentes del campus universitario, estacionamientos, calles internas, áreas verdes, edificios, etc. Así como también la infraestructura colindante al campus como: puentes, avenidas, terrenos baldíos, comercios, escuelas, hospitales, servicios públicos municipales, accesos al campus, etc., que pudiera ser información importante para la toma de decisiones antes y durante la ejecución del proyecto.

*El uso BIM: estimación de Costos con el Modelo BIM, corresponde al proceso en el que un modelo BIM es utilizado para generar volúmenes de obra y estimaciones de costos desde etapas tempranas del diseño. Este proceso también permite a los diseñadores ver el impacto que tienen las ampliaciones o modificaciones del diseño en el costo total del proyecto de forma más rápida a comparación de los procesos tradicionales, con el objetivo de evitar sobrecostos. Por su parte, el uso BIM: Fases de Planeación (Modelos 4D) es el proceso en el cual un modelo 3D se liga a su programa de obra para crear un modelo 4D (modelo 3D con la dimensión del tiempo incluida), y que es utilizado para planear y mostrar la secuencia constructiva de un proyecto y sus requerimientos espaciales en el sitio (Project Execution Planning Guide, 2011).*

Para los usos BIM: estimación de Costos con el Modelo BIM y Fases de Planeación (Modelos 4D), se



desarrolló una herramienta de extensión para Revit usando API (*application programming interface*), llamada SincoBIM, dicha extensión se aloja dentro de la interface de Revit y está compuesta por seis secciones: Archivo (File), conceptos (Assemblies), proyecto (Project), presupuesto (Budget), modelado (Modelling) y programa de obra (Scheduling).

Dentro de las acciones que se realizaron para obtener un modelo aplicable a los usos BIM: Estimación de costos y programación, se generaron cambios en el modelo BIM de la caseta de vigilancia creado por el equipo de diseño; los cuales consistieron en agregar elementos constructivos ligados al catálogo de conceptos, a fin de que la gran mayoría de los elementos que componen dicho catálogo, estuvieran presentes en el modelo BIM.

El LOD para el modelo realizado para dichos usos puede corresponder a un nivel 300, o 400, donde puede variar el nivel de detalle del modelado de cada elemento, así como la información que contiene cada uno de ellos. Por ejemplo para un castillo, puede ser de nivel LOD 300, ya que este nivel contempla que el elemento incluya la forma y tamaño, y dentro de su información no grafica se debe especificar el tipo y resistencia de concreto así como las características del armado; siendo el castillo cuantificable únicamente por su longitud, el nivel 300 resulta suficiente para obtener la cantidad del elemento; sin embargo, para los elementos de concreto reforzado (zapatas, trabes, contratraves y columnas) el nivel LOD que se requiere es 400, ya que dicho nivel contempla contener además de forma y tamaño, el modelado del acero de refuerzo por mencionar un detalle. Por lo anterior para el proyecto caseta de vigilancia se modelaron los elementos de concreto reforzado con un nivel LOD 400, tal como se ilustra en la Figura 7.

Realizar el modelado del acero en los elementos de concreto reforzado del proyecto caseta de vigilancia, permitió determinar de forma precisa las cantidades de acero, ya que esta información se obtiene directamente del modelo BIM, sin necesidad de calcularlo por medio de fórmulas o porcentajes para los ganchos.

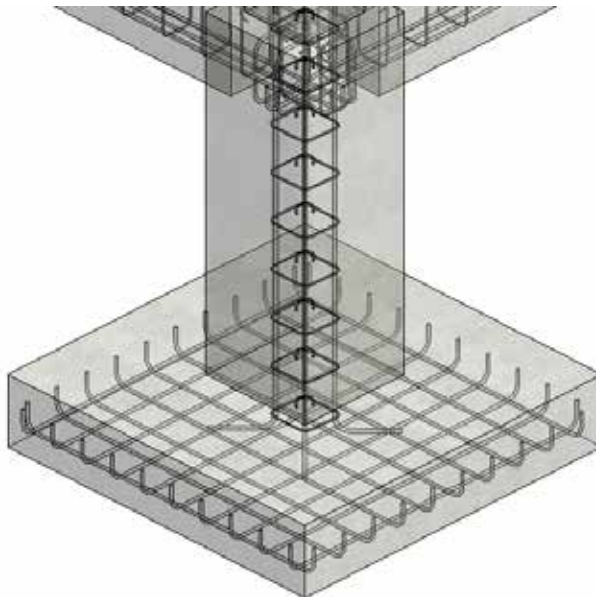


Figura 7. Detalle de elementos de concreto reforzado

Para la estimación de costos asociados al modelo BIM, la API SincoBIM permite asociar cada uno de los conceptos de obra a uno a varios elementos del modelo BIM según sea el caso; esto puede realizarse seleccionando dichos elementos tocando el modelo, sin embargo, en el caso de que el modelo no contenga un elemento constructivo (como puede ser el perfilado de aristas) la API permite poder incluir en el presupuesto conceptos de obra que no estén contenidos en modelo BIM.

Para la aplicación del uso BIM: Fases de Planeación (Modelos 4D), la API SincoBIM permite realizar dentro de Revit el programa de obra donde la ventaja respecto a la forma tradicional de realizar un programa de obra es que se puede asociar cada uno de los componentes de la estructura de desglose del programa de obra a los elementos que componen el modelo BIM, pudiendo conocer cuáles son y dónde están ubicados los elementos construidos y los que están por construir; a diferencia de la forma tradicional donde se conoce sólo el avance porcentual del componente de la estructura de desglose. Como ejemplo, si se tiene la programación del concepto de obra plantilla de concreto para zapata, se puede conocer cuáles y cuantas plantillas ubicadas en el modelo BIM ya se construyeron en la primera etapa y cuáles se van a construir en las siguientes etapas; permitiendo identificar problemas puntuales en el programa de obra y secuencia de actividades, para poder hacer reprogramaciones (ver figura 8).

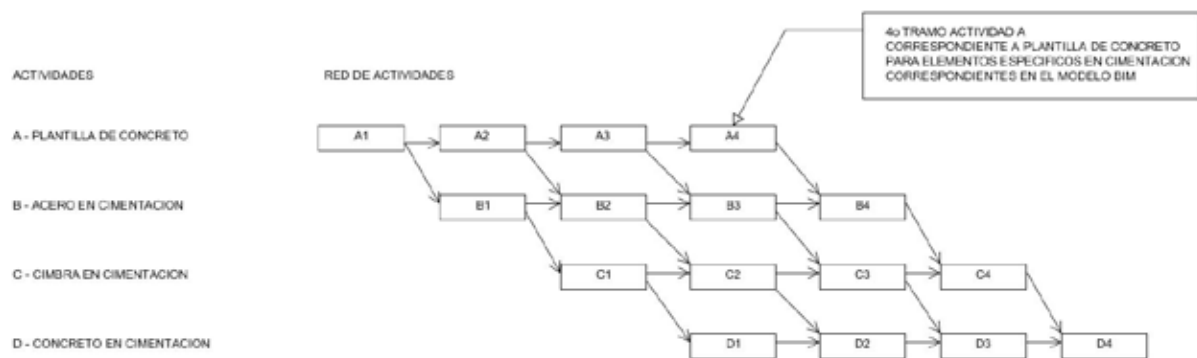


Figura 8. Secuencia de actividades

El uso BIM: coordinación en 3D es el proceso en donde los modelos 3D de los principales sistemas de un proyecto se integran, usando un software para detección de interferencias, y se revisan durante el proceso de coordinación de los participantes del proyecto, para identificar posibles conflictos durante la etapa de construcción, como pudiera ser que alguna instalación hidráulica atravesase una trabe, una columna o una ventana; o que el modelo estructural no coincida con el arquitectónico (Project Execution Planning Guide, 2011); para el proyecto de la caseta de vigilancia se utilizó el software Naviswork.

El uso BIM: Planeación de la Utilización del Sitio es el proceso en el cual el modelo 4D de la caseta de vigilancia es usado para representar, de manera gráfica, las construcciones permanentes y temporales que hay en el sitio. A este modelo se le agrega información de los recursos de mano de obra, materiales y ubicación de equipos. Dado que los componentes del modelo 3D están directamente ligados al programa de obra para crear el modelo 4D, las funciones de administración del sitio de la obra (como visualización de la planeación, re-planeación a corto plazo y recursos) pueden ser



analizados con diferentes datos espaciales y temporales, permitiendo identificar la mejor ubicación para almacenar los materiales, o las rutas más seguras para el paso continuo de la maquinaria, así como el espacio que se requiere para sus maniobras, esto asociado a las fases de la construcción de un proyecto. (Project Execution Planning Guide, 2011).

Para la caseta de vigilancia se modelaron elementos volumétricos para: bodega de materiales, agregados, estibado y habilitado de acero, ubicación de viguetas, bovedillas y block, áreas de paso de camiones y maquinarias, etc. Estos elementos se realizaron con un LOD 200 debido a que no se requiere elementos modelados al detalle, solo se requiere la forma del espacio que ocupan dentro del terreno.

## CONCLUSIONES

- La aplicación del documento guía para el desarrollo del proyecto establecido, mostró la interacción que se generó con los intercambios de información entre los equipos de diseño y construcción.
- Detallar elementos constructivos a un LOD 300 o 400 permite determinar de manera rápida y precisa la cuantificación de volúmenes de obra y el costo de un proyecto.
- La fase de planeación (modelos 4D) es una herramienta poderosa de visualización y comunicación, que le da al equipo del proyecto un mejor entendimiento de la planeación de la construcción, y le permite identificar la secuencia constructiva óptima del proyecto.
- Realizar la coordinación 3D elimina los conflictos que pudieran presentarse en la obra, permitiendo realizar proyectos más detallados y exactos, lo cual provoca disminución en los costos de la construcción.
- La planeación del sitio de la obra permite organizar los espacios disponibles en la obra para evitar conflictos durante la ejecución de los proyectos.
- Definir un modelo BIM en base a un uso específico permite optimizar la utilidad de los modelos y reducir esfuerzos en el modelado.

## **BIBLIOGRAFÍA**

*Jackson B., (2010). "Construction Management Jump Start2". Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana, E.U., second Edition.*

*Kreider R. and Messner J., (2013). "The Uses of BIM Classifying and Selecting BIM Uses Version 0.9". Penn State Computer Integrated Construction.*

*Kymmell W., (2008). "Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations". EEUU, McGraw-Hill.*

*LOD, (2013). "Level of Development Specification for Building Information Models". EEUU, by BIMForum.*

*Project Execution Planning Guide, (2011). Disponible en: <http://bim.psu.edu/Project/resources/>. Recuperado 26 de enero de 2014.*

*Reddy K., (2012). "BIM for building owners and developers: making a business case for using BIM on projects". EEUU, John Wiley & Sons.*

