

# **PROPUESTA PARA GENERAR MODELOS DE CONSTRUCCIÓN BIM DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN**

**I.C. Maricela Laguna Hernández (expositor)**

**M.I. Selene Aimée Audeves-Pérez**

**Dr. Gilberto Abenamar Corona Suarez**

**M.I. Nicolás Zaragoza Grifé**

Universidad de Autónoma de Yucatán

Mérida, México

Área o Departamento

[mari\\_laguna@hotmail.com](mailto:mari_laguna@hotmail.com)

[selene.audeves@uady.mx](mailto:selene.audeves@uady.mx)

[csuarez@uady.mx](mailto:csuarez@uady.mx)

[zgrife@uady.mx](mailto:zgrife@uady.mx)

## **“PROPUESTA PARA GENERAR MODELOS DE CONSTRUCCIÓN BIM DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN”.**

### **RESUMEN**

El uso de nuevas tecnologías de información contribuye a la atenuación de los efectos producidos por la división de los procesos necesarios para la ejecución de los proyectos de ingeniería, entre otras causas. La adopción y uso actual del Building Information Modeling (BIM) proporciona una base para la gestión y conducción de proyectos, cuya información contenida en un modelo inteligente se puede relacionar a las etapas del ciclo de vida de los proyectos de edificación. El objetivo general de este trabajo de investigación es la determinación de los criterios para generar modelos BIM aplicables en la etapa de construcción de los proyectos de edificación en el estado de Yucatán. La metodología planteada consiste en llevar a cabo un estudio de caso sobre un proyecto de edificación, el cual será analizado para determinar los conceptos de obra que serán los componentes del modelo BIM de construcción y se desarrollará un instrumento en formato digital (cédula) para la recopilación de datos. Una vez concluido el modelo BIM, se obtendrán las directrices para su elaboración, así como una librería de objetos paramétricos para cada componente del modelo y se realizará un diagrama de flujo para exponer la secuencia de generación del modelo BIM.

### **PALABRAS CLAVE**

Palabras clave: Modelo inteligente, Building Information Modeling, Construcción

## INTRODUCCIÓN:

A través de los años, la ejecución de los proyectos de ingeniería ha sufrido una evolución en cuanto a los procesos necesarios para la realización de los proyectos al haberse ido dividiendo con el paso del tiempo, ya que en la antigüedad una misma persona era la responsable de diseñar y construir edificios, y en la actualidad el número de personas involucradas en la gestión de proyectos ha ido en aumento.

Adicionalmente, en las etapas de diseño y construcción la cantidad, diversidad y manejo de información son considerables, ya sea por la complejidad y el tamaño del proyecto, la necesidad de visualización y análisis técnico en su etapa de diseño o la gran variedad de procesos y materiales que se requieren en la etapa de construcción (Bjork 1995). Estos cambios han traído consecuencias tales como fallas en la colaboración y coordinación entre quienes gestionan los proyectos, la pérdida de información al trasladarse de una etapa a otra, entre otras.

El uso de nuevas tecnologías de información es una contribución para atenuar dichos efectos. La adopción y uso actual del Building Information Modeling (BIM) proporciona una base para la gestión y conducción de proyectos, cuyo aspecto más interesante a largo plazo es la extracción y análisis de la información contenida en un modelo inteligente (Reddy 2012), la cual es variada y programada en objetos específicos o componentes del modelo de una manera estructurada y se puede relacionar a las etapas del ciclo de vida de los proyectos de edificación.

El modelo inteligente, llamado también modelo BIM, se crea para eliminar las ineficiencias que se presentan en la ejecución del proyecto, ya que contiene datos de manera organizada y definida, lo cual permite la identificación, manejo e

intercambio de la información con mayor facilidad<sup>1</sup>. Además, si en él se reflejan todos los cambios que se realizan desde el diseño, se tendrán los datos actualizados en cada etapa del proyecto, pudiendo transferir la información sin pérdida o duplicación, ya que la información en el modelo es consistente.

Por otra parte, aunque BIM es relativamente una tecnología nueva y la industria de la construcción en México está en transición, adoptando y aprendiendo a utilizar efectivamente una nueva generación de herramientas de modelado, la implementación de esta tecnología no ha logrado ser tan extensiva.

Adicionalmente, aun cuando se ha demostrado que la extracción de la información del modelo BIM se puede automatizar, por ejemplo en forma de reportes para determinar cantidad de materiales, estimación de costos y programación de obra (Jeong, Eastman, Sacks, Kaner 2009), no se cuenta con las directrices para la generación de modelos BIM de proyectos de edificación, que consideren los procesos constructivos del estado de Yucatán. Por lo que la importancia de este estudio radica en la obtención de los criterios para la generación de modelos BIM de proyectos de edificación que puedan ser utilizados en la etapa de construcción en la región, con los cuales se contribuya a la integración del diseño y la construcción y a la utilización de la tecnología BIM a nivel local.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este documento se presentan los elementos bajo los cuales se desarrolla el trabajo de investigación, cuyo objetivo general es determinar los criterios para generar modelos BIM aplicables en la etapa de construcción de los proyectos de edificación en el estado de Yucatán. Además de los siguientes objetivos específicos:

---

<sup>1</sup> Los autores Smith y Tardif hacen una analogía respecto a la identificación y manejo de la información comparando el buscar un insumo debidamente ubicado contra otro del cual no se cuenta con información de localización, concluyendo que es más económico para el que no lo tiene identificado adquirirlo de nuevo, que invertir recursos en encontrarlo.

- Determinar la información necesaria a incluir en los componentes del modelo BIM que será utilizado en la etapa de construcción de los proyectos de edificación de la región.
- Determinar la secuencia de modelado requerida para la generación del modelo BIM.
- Determinar el nivel de detalle que se necesita en el modelado de los componentes del modelo BIM para que sean de utilidad en los procesos que se realizan en la construcción de proyectos de edificación de la región.
- Determinar las familias más adecuadas para la realización del modelo BIM de un proyecto de edificación de la región.

Para la elaboración del marco teórico que sirva como sustento a la investigación, se consultó información relacionada a la desintegración de los procesos de diseño y construcción en la ejecución de los proyectos; el uso, ventajas, riesgos, retos e interoperabilidad de la tecnología BIM; a la creación y tipos de modelos BIM, así como la información relacionada al proyecto que pueden contener estos últimos. Adicionalmente, para conocer el grado de implementación de BIM en México y el extranjero, se realizó una exploración sobre la aplicación de la tecnología BIM en el diseño y/o construcción de los proyectos. En los siguientes subtemas se describe la información más relevante sobre la revisión bibliográfica realizada.

### **Desintegración del diseño-construcción y la importancia de las tecnologías de la información en la integración**

En la actualidad, la manera en que se diseña y construye un edificio es el resultado de la evolución del proceso de diseño y construcción desde la integración implícita que existía en la antigüedad, en donde una misma persona era la encargada de diseñar y construir edificios, hasta la separación explícita de las actividades basada en el ideal de la especialización y conocimiento profesional experto que rige hoy día.

A lo largo de la historia la relación entre diseño y construcción se ha hecho cada vez más distante y desintegrada, con una progresiva separación de las actividades involucradas en la producción de edificios. De acuerdo a Loyola (2010), la primera gran revolución en la relación diseño-construcción ocurrió en el Renacimiento, cuando por primera vez en la historia surgió la figura del arquitecto disociada de la construcción y ligada exclusivamente a la etapa de diseño. A su vez, el incremento del alcance de los proyectos de construcción también ha llevado al desarrollo de varias disciplinas profesionales necesarias para manejar esta complejidad.

Las actividades involucradas en la producción de edificios deben estar integradas, con el propósito de lograr un mismo objetivo. Por lo tanto se considera conveniente en primer lugar, mantener una base de datos con la información de un proyecto desde su concepción y diseño hasta su construcción, operación y mantenimiento.

En este sentido, Bjork (1995) expone que el uso de tecnologías de información (TI) en la construcción es indispensable, en especial en áreas en las que se requieren cálculos técnicos, dibujos, plasmar por escrito las especificaciones del proyecto, calcular el costo del mismo o su programación. Uno de estos avances tecnológicos es la tecnología denominada Building Information Modelling (BIM) o Modelado de Información de Edificios, la cual puede ser definida desde el punto de vista de procesos y tecnología.

El Instituto Nacional de Ciencias de Edificios (NIBS por sus siglas en inglés) en su estándar nacional define a la tecnología BIM como “la representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación”, edificio o proyecto de construcción. La cual sirve como fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación, al formar una base fiable compuesta de objetos inteligentes en vez de líneas, arcos y texto.

Por lo anterior, BIM es también una vía para compartir datos a través del ciclo de vida del edificio. Estos datos pueden incluir información del diseño inicial, geoespacial, financiero, legal, mecánico, eléctrico e hidráulico, especificaciones de productos de construcción, resultados del modelado de medio ambiente y energía,

así como otra información que puede ser usada durante el ciclo de vida del proyecto, de manera colaborativa por arquitectos, ingenieros, contratistas, el dueño y los administradores de la instalación después de que el proyecto es concluido (Report 2007).

Los autores Smith y Tardif (2009) exponen que con frecuencia se piensa en BIM como geometría, con una tendencia a perder de vista el significado de la “I”, el cual es información. Por lo que se debe tener en cuenta que muchos de los datos contenidos en el modelo BIM sobre el edificio son alfanuméricos y al estar de manera estructurada, podrán ser manipulados por algoritmos simples diseñados para distinguir cualitativamente los valores que se contengan en estos.

### **Definición, ventajas, riesgos y retos para BIM**

De acuerdo al documento BIM Project Execution Planning Guide, la tecnología BIM “es un proceso enfocado en el desarrollo, uso y transferencia de un modelo de información digital de un proyecto de edificación para mejorar el diseño, construcción y operación del proyecto o sus instalaciones” (CIC 2011), cuyo objetivo es integrar, estandarizar y codificar las mejores prácticas dentro de todas las etapas de la industria de la construcción.

Los autores Schlueter y Thesseling (2009) indicaron que el compartir la información generada de manera confiable, sirve de apoyo en la toma de decisiones por parte de los involucrados durante el ciclo de vida del proyecto.

Por otra parte, Kymmell (2008) expone como característica de BIM la simulación de la construcción de un proyecto en un ambiente virtual, con la ventaja de llevarse a cabo en una computadora a través del uso de software, lo cual implica que es posible practicar la construcción para experimentar y hacer ajustes al proyecto antes de que sea construido. Por lo que en caso de errores virtuales no se tienen consecuencias serias por lo general, siempre y cuando sean identificados y abordados lo suficientemente pronto para que puedan ser evitados durante la construcción.

De acuerdo a Salman et al. (2009), entre los riesgos de la tecnología BIM se encuentran el legal sobre la propiedad intelectual de la información y el no tomar en cuenta quién será responsable de controlar la entrada de datos en el modelo y de cualquier inexactitud en él. Asimismo, algunos de los retos que exponen se relacionan con la necesidad de un proceso de transacción para eliminar problemas en la interoperabilidad de datos muy bien definido y la necesidad de una estrategia práctica y bien desarrollada para el intercambio decidido e integración de información significativa a través de los componentes del modelo.

### **Modelos BIM**

Kymmell (2008) define al modelo BIM como una abstracción de la realidad, cuyo nivel de detalle para que sea exitoso depende de su propósito y del nivel de comprensión de quienes lo vean. Básicamente, el propósito de la simulación determinará las especificaciones para el modelado, además de encontrarse relacionado a la fase del proyecto para la que se desarrolle. Para definirlo se deberá establecer cuanto detalle necesita ser representado en el modelo y sus componentes, así como cuanta información necesita contener o adjuntar. La naturaleza de los componentes del modelo se direcciona primeramente a los que necesitan ser modelados y como dichas partes serán representadas en el modelo, siendo ésta una descripción de los parámetros físicos de los objetos.

De acuerdo a los autores Grilo y Jardim-Goncalves (2010a), los modelos virtuales pueden ser modelos superficiales o sólidos. Los modelos superficiales son sólo para propósitos de visualización y sus componentes contienen información respecto al tamaño, forma, ubicación, etc., lo cual facilita el estudio de los parámetros visibles de un proyecto. Por el contrario, los modelos inteligentes o modelos BIM contienen más información que los superficiales, contienen componentes paramétricos y son generados típicamente con modeladores sólidos, por lo que son conocidos como modelado orientado a objetos<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Su propósito principal es permitir la simulación o mucho más que sólo el aspecto visual de un proyecto de edificación.

La información física<sup>3</sup> del edificio contenida en el modelo incluye las dimensiones del objeto (tamaño), ubicación en relación a otros en el modelo, cantidad de estos en el modelo y otra información paramétrica acerca del objeto. “Paramétrica” se refiere a la información que distingue un componente particular de otro similar y en virtud de que está contenida en los componentes del modelo, puede ser recuperada y utilizada (Kymmell 2008).

Para la etapa de construcción es necesario reevaluar la naturaleza de BIM y evaluar si será capaz de proveer la información necesaria para los procesos de gestión en ésta etapa del proyecto. El modelo puede funcionar en reuniones regulares del equipo de construcción para visualizar, analizar, discutir y/o coordinar requerimientos de instalación para subcontratistas, así como temas de seguridad, la secuencia de construcción, etc. y puede contener la información concerniente al estado de sus componentes en la fabricación, instalación y etapas de cobro y pago (Kymmell 2008).

Schlueter y Thesseling (2009) exponen que uno de los objetivos de la tecnología BIM es lograr que la cooperación entre los participantes del proyecto en el proceso de construcción sea más eficiente, lo cual se logra al guardar información relevante al diseño en el modelo BIM en cada paso de este proceso.

### **Información del proyecto en el modelo**

De acuerdo a Kymmell (2008), la información más básica del modelo está relacionada a los parámetros físicos, como el tamaño, ubicación y cantidad, sin embargo se puede introducir más información en los objetos del modelo, tales como especificaciones de material, número de modelo, proveedor, etc. También información relacionada al tiempo puede ser vinculada a los componentes, la cual permitirá la programación de órdenes, fabricación y tareas de instalación, o información referida a otros tipos de archivos de computadora como e-mail, órdenes de compra, sitio web de quien manufactura, especificaciones de

---

<sup>3</sup> Alguna de la información es física, es decir, acerca de la naturaleza del objeto al ser una simulación de algo real.

instalación, información de costo y contable del proyecto. Sin embargo, como los modelos BIM pueden ser creados en cualquier fase de ejecución del proyecto, la información contenida en el modelo dependerá de la etapa en desarrollo, ya que la naturaleza, nivel de detalle y cantidad de datos también cambia. Ésta puede ser clasificada en:

- Información de los componentes: es la información más básica que debe ser interoperable. Sirve para la visualización y va de acuerdo al propósito del modelo (i.e. una pared con información de materiales o cuantitativa como área, volumen, etc.)
- Información paramétrica: es la información editable contenida en el objeto paramétrico, incluida en él. Puede ser visual o inteligente (i.e. números de parte, cualidades de los materiales como la densidad)
- Información ligada: no es parte del modelo, pero se conecta a través de vínculos invisibles (FLAGS). Por ejemplo, ligada a una base de datos con información sobre el costo.
- Información externa: es la información generada en forma separada de BIM (i.e. programación de obra, especificaciones del producto). Esta puede ser vinculada o permanecer autónoma.

### **Interoperabilidad en la tecnología BIM**

El intercambio de información en la tecnología BIM se da a través de la interoperabilidad, la cual es definida a menudo como la habilidad para implementar y administrar relaciones de colaboración entre los miembros de equipos interdisciplinarios que permite la ejecución de proyectos integrados. Adicionalmente, desde un punto de vista tecnológico, la interoperabilidad es la habilidad de gestionar y comunicar productos electrónicos e información del proyecto entre las empresas que colaboran.

La interoperabilidad permite la eficiencia en un nivel práctico ya que si todos los miembros de un equipo de construcción pueden intercambiar información libremente a través de diferentes plataformas y aplicaciones, cada uno de sus

miembros podrá integrar de mejor manera el modo de llevar a cabo el proyecto; siendo ésta la razón por la que los temas de interoperabilidad están ganando atención con el uso de BIM. Es un hecho que la información de BIM es compartida entre los que integran el equipo por lo que como resultado, la interoperabilidad de la tecnología es un factor importante. El reingresar datos de BIM a otras aplicaciones o plataformas utilizadas genera desperdicio y una duplicación costosa (Report 2007).

En cuanto a la interoperabilidad entre los programas de computadora, los autores Smith y Tardif (2009) definen la interoperabilidad como la característica fundamental de las “herramientas” que son diseñadas para trabajar juntas como parte de un sistema integrado para llevar a cabo tareas complejas. Éstas pueden ser no muy sofisticadas sino simplemente operables y diseñadas para hacer una cosa muy bien.

La Alianza Internacional para la Interoperabilidad (IAI por sus siglas en inglés) ha creado una plataforma uniforme –formato de archivo- para desarrolladores de software: este es llamado formato “International Foundation Classes (IFC)” (Kymmell 2008). IFC es un buen esquema para representar la información del edificio en las diferentes etapas del ciclo de vida (Jeong, Eastman, Sacks, Kaner 2009).

En un esfuerzo por proveer una respuesta a tales requerimientos, dentro del contexto Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC por sus siglas en inglés) se desarrolló, para ISO-10303-STEP, la parte 225 titulado: “Protocolo de Aplicación (AP): Elementos del edificio que usan representación explícita de forma”. Esta parte es ahora un estándar internacional (IS) y especifica los requerimientos para el intercambio de información respecto a los elementos del edificio sobre la forma, propiedades, configuración espacial entre las aplicaciones de los sistemas con representaciones de forma (Grilo, Jardim-Golcalves 2010a).

De acuerdo al estudio de Joo y Jung (2011) los temas de estandarización de BIM y la interoperabilidad han sido ampliamente estudiados por los investigadores y

varias organizaciones internacionales al haber desarrollado varios detalles prácticos, incluyendo IFC, Manuales de Entrega de Información (IDM por sus siglas en inglés) y otros.

Metodologías estandarizadas sobre el proceso de modelado y el intercambio, por ejemplo el lenguaje “definiciones integradas” (IDEF por sus siglas en inglés), han sido ampliamente exploradas. Además, se han desarrollado estándares desde la perspectiva de la industria como IFC, IFD, IDM, IDEF, STEP y otros (Joo, Jung 2011).

La interoperabilidad en la tecnología BIM es importante al permitir que los participantes del proyecto puedan intercambiar información de manera libre a través de diversos medios y aplicaciones, y con esto lograr la integración en la ejecución del proyecto.

### **Aplicación de tecnología BIM en el extranjero y en México**

El uso de BIM en la industria de la construcción está a la alza, ya que es ampliamente sabido que su adopción causará un cambio dramático en los procesos de negocio en la industria de la construcción y las áreas relacionadas. Uno de los principales países impulsores de la implantación de la tecnología BIM es el Reino Unido. El gobierno de este país, siguiendo las recomendaciones del grupo “BIM Industry Working Group”, ha decidido hacer obligatorio el uso de BIM para el desarrollo de sus proyectos a partir del 2016, con un nivel de madurez 2 (Group 2011).

En países como estados Unidos se han creado alianzas entre el ambiente público y privado como por ejemplo, la alianza buildingSMART, una iniciativa que opera de manera independiente y sin fines de lucro en el Instituto Nacional de Ciencias de Edificación (NIBS por sus siglas en inglés). bSa promueve el uso de modelos BIM y las herramientas que están ayudando a los participantes del proyecto de la industria de la construcción a compartir la información de manera muy precisa a través del ciclo de vida del proyecto o de la edificación (Building Smart Alliance 2013).

En ese sentido, en el Reino Unido se encuentra NBS, quien está comisionada para ofrecer a los profesionales de la industria de la construcción, soluciones en información y especificaciones, innovadoras y distintivas. Durante 30 años han producido especificaciones, incluyendo el reconocido estándar nacional de sistema de especificaciones para el Reino Unido (NBS 2008).

Adicionalmente en Reino Unido, se estableció una colaboración entre la Universidad Northumbria y Ryder (una compañía de diseño), naciendo así BIM Academy (Bimacademy 2013). BIM Academy anunció una colaboración con NBS, la cual tuvo como resultado la primera fase de la Librería Nacional BIM para su descarga gratuita, con contenido genérico para empresas o profesionales que adopten BIM (National BIM library 2011).

En países como Singapur, Nueva Zelanda, Australia y Canadá, la aceptación de BIM se refleja por ejemplo, en las guías realizadas para la implementación de la tecnología BIM en su país, así como en el desarrollo de diversos estudios de caso en los que se reflejan los beneficios de su adopción.

En Latinoamérica, de acuerdo a lo citado por Rojas (2011) para Chile, la tecnología BIM se ha utilizado mayormente para la detección de interferencias entre las especialidades que participan, así como de los puntos de difícil acceso para el mantenimiento del edificio, entre otros usos.

Adicionalmente, uno de los principales productores de programas para BIM (Autodesk) ha mostrado su interés por impulsar el uso de la tecnología en México y Brasil, en base al crecimiento de la industria de la construcción en dichos países (Salvatierra 2012).

En México se están llevando a cabo acciones para la implementación de la tecnología BIM. La Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) ha planteado una estrategia para su difusión en México.

ICA BIM es el área especializada que se distingue por su concepto innovador. Utilizan herramientas de tecnología de información como BIM, apoyando al área de ofertas en el proceso de especificación del proyecto, para planear, simular y

monitorear el proceso de construcción y la procuración, con el objetivo de incrementar su eficiencia.

## **Metodología**

La metodología que se planteó para este trabajo de investigación consiste en llevar a cabo un estudio de caso sobre un proyecto de edificación, el cual es analizado y utilizado para la elaboración de un modelo BIM, a través del procedimiento descrito a continuación.

Se inició con la obtención de un proyecto de edificación que cumpliera con las siguientes características:

- 1) Ser de edificación,
- 2) Contener estructuras de concreto coladas en sitio para ampliar la complejidad del proyecto de estudio,
- 3) Haber sido construido en la región,
- 4) Contar con el proyecto ejecutivo que incluya: proyecto arquitectónico, estructural, instalaciones, presupuesto, duración de la obra.

Se continuó con el análisis del catálogo de conceptos de obra del proyecto para extraer los conceptos representativos con los que se trabajará, transformándolo en el catálogo de elementos constructivos filtrado (CECF).

El CECF será estructurado utilizando la sección correspondiente de una herramienta como el MasterFormat, la cual consta de una lista maestra de números y títulos clasificados para la industria de la construcción, usado principalmente para organizar manuales de proyecto, detallar información referente al costo y relacionar las anotaciones de los planos a las especificaciones.

En el siguiente paso se desarrollará un instrumento para la recopilación de datos para el modelado, el cual será denominado “cédula” y cuyo contenido se basará en lo requerido para: la determinación de la secuencia en la generación del modelo BIM, el nivel de detalle necesario para el modelado de los componentes,

las familias más adecuadas para la realización del modelo y la información necesaria a incluir en los componentes.

Para la obtención del desglose del tipo de información que se va a requerir en los componentes del modelo, se realizará una revisión de la literatura existente sobre las actividades que se llevan a cabo en la etapa de construcción, como por ejemplo el PMBOK, así como de los procedimientos constructivos de la región sobre los conceptos del CECF, haciendo uso de la experiencia propia y en caso de requerir aclarar o recabar información sobre algunos conceptos de obra, que no se hayan podido obtener mediante la revisión bibliográfica o la experiencia, se solicitará información a los profesionales expertos a través de la entrevista personal, utilizando la cédula.

Dicha cédula será elaborada en un formato digital y estructurada para que su contenido pueda ser exportado a otros programas de cómputo en caso de que sea requerido. Ésta se basará en la identificación de las actividades de la etapa de construcción y la información requerida en el modelo.

Una vez que se tenga la cédula conformada se iniciará su aplicación a cada uno de los conceptos del CECF. Para el llenado de la cédula se realizará un análisis de los datos posibles para la selección de la información adecuada para el cumplimiento de los objetivos. Durante la aplicación de la cédula y en base a la información seleccionada sobre los conceptos, se determinará cuáles de éstos serán componentes del modelo BIM, ya que no todos los conceptos son susceptibles a ser modelados.

El llenado de la cédula y la generación del modelo BIM se realizarán a la par. Durante la modelación, se dará retroalimentación al formato de la cédula ya que se puede dar el caso de requerir cambios para enriquecer el contenido de ésta, por lo que se le realizarán las modificaciones necesarias y se actualizarán las cédulas que ya hayan sido llenadas. Asimismo, se harán pruebas para validar que los datos recopilados son de utilidad en las distintas actividades presentadas en la

etapa de construcción del proyecto y en la obtención de los entregables requeridos (e.g. formato de estimación, presupuesto, etc).

Cuando la cédula ya no sufra modificaciones, se obtendrá como resultados, un formato definitivo para el llenado de la cédula y la herramienta con los criterios para la generación de modelos BIM, la cual será un compendio del resultado del estudio de los componentes del modelo.

Una vez concluido el modelo BIM rico en información, se realizará un diagrama de flujo para exponer la secuencia de generación del modelo BIM, obteniéndose también como resultado una librería con los objetos paramétricos de cada componente del modelo, de manera similar al anexo I de este documento; ambos resultados podrán ser usados y servir de referencia en la elaboración de próximos modelos BIM de edificación.

Se realizarán las conclusiones principales del estudio que expliquen los resultados relevantes del proceso y la recomendación de futuros trabajos que se puedan llevar a cabo a raíz de éste.

## CONCLUSIONES:

La implementación de las tecnologías de información, particularmente el uso de la tecnología BIM contribuye a la integración de los procesos de diseño y construcción de proyectos de edificación para el logro de un objetivo común, al promover la colaboración entre los diferentes especialistas que participan en el ciclo de vida de un proyecto.

Un modelo BIM puede ser clasificado en base a su finalidad, debiéndose constituir su propósito y establecer el nivel de detalle necesario para que éste logre su intención y pueda ser comprendido por quienes lo usarán, lo cual será la base para crear las especificaciones del modelo y éste incluya información relevante del proyecto que podrá ser recuperada y utilizada.

Los datos básicos que se ingresen en a los componentes del modelo BIM podrán estar relacionados a parámetros físicos, al tiempo o a otros tipos de archivos de computadora, de acuerdo al tipo de modelo que se está construyendo.

El modelo BIM es sólo una parte de la implementación de la tecnología BIM y aunque la literatura revisada muestra las características que estos deben cubrir, no se ha encontrado hasta el momento una guía más específica sobre que información considerar en la realización del modelo de construcción.

El contar con un marco de referencia para la elaboración de un modelo BIM de construcción que contemple los datos que se necesitan del modelo de diseño junto con la información relevante relacionada a la etapa de construcción, podrá contribuir a la adopción de la tecnología BIM de una manera práctica, al relacionar los procesos de dicha fase con los componentes del modelo y los productos que se necesitan obtener para su desarrollo.

La implementación de la tecnología BIM a nivel mundial ha ido en aumento de forma graduada. Sin embargo en México ha sido adoptada de forma más lenta, por lo que se presenta una oportunidad para implementar la tecnología bajo los estándares ya establecidos en otros países, modificando los procesos tradicionales para que se obtengan los beneficios brindados por BIM.

## REFERENCIAS

- ❖ Bimacademy. (2013) Estandarización y herramientas BIM. Una colaboración entre Northumbria University y Ryder. Disponible en: [http://collab.northumbria.ac.uk/bim2/?page\\_id=521](http://collab.northumbria.ac.uk/bim2/?page_id=521) Recuperado el 3 de junio del 2013.
- ❖ Bjork B. (1995). Requirements and information structures for building product data models. Tesis Maestría, Finland: VTT Building Technology Publications 89, 245.
- ❖ Building Smart Alliance (2013). Estandarización y herramientas BIM. Instituto Nacional de las Ciencias de Edificación. Disponible en: <http://www.buildingsmartalliance.org/index.php/about/> Recuperado el 3 de junio del 2013.
- ❖ Computer Integrated Construction Research Program (CIC). (2011). BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.1. The Pennsylvania State University, University Park, PA, EEUU.
- ❖ Computer Integrated Construction Research Program (CIC). (2011). BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.1. The Pennsylvania State University, University Park, PA, EEUU.
- ❖ Grilo A., Jardim-Goncalves R. (2010a) Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. Automation in construction, ELSEVIER V. 19, 522-530.
- ❖ Grilo A., Jardim-Goncalves R. (2010b) SOA4BIM: Putting the building and construction industry in the Single European Information Space. Automation in construction, ELSEVIER V. 19, 388-397.
- ❖ Group, BIM Industry Working. (2011) UK Government projects to use BIM by 2016: It's official. "Construction Research and Innovation", 28-30.

- ❖ Jeong Y. S., Eastman C. M., Sacks R., Kaner I. (2009) Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete. "Automation in Construction", ELSEVIER, 18, 469-484.
- ❖ Jung Y., Joo, M. (2011) Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. "Automation in Construction", ELSEVIER, V. 20, 126-133.
- ❖ Kim H.-J., Seo Y.-C., Hyun, C.-T. (2012) A hybrid conceptual cost estimating model for large building projects. "Automation in Construction", ELSEVIER, V.25, 72-81.
- ❖ Kymmell W. (2008) Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. McGraw-Hill, EEUU.
- ❖ Loyola V. M., Goldsack J. L. (2010) Constructividad y Arquitectura. Primera Edición. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Chile.
- ❖ National BIM Library (2011). Librerías de objetos paramétricos BIM. NBS-National BIM Library. Disponible en: <http://www.nationalbimlibrary.com/About> Recuperado el 3 de junio del 2013.
- ❖ NBS (2008). Estandarización y herramientas BIM. National Building Specification. Disponible en: <http://www.thenbs.com/corporate/about.asp> Recuperado el 3 de junio del 2013.
- ❖ Ramírez M. J. A. (2012) Uso e implementación de "Building Information Modeling" en la administración de proyectos de construcción en Yucatán. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- ❖ Reddy K. P. (2012). BIM for building owners and developers: making a business case for using BIM on projects. John Wiley & Sons, EEUU, 6,17, 19, 75, 79, 91-114,117.
- ❖ Report, SmartMarket. (2007) Interoperability in the Construction Industry. McGraw hill Construction, EEUU.
- ❖ Rojas G. R. (2011). Building Information Modeling – BIM. Red Interamericana de centros de innovación en la construcción. INCONET.

Disponible en:  
<http://www.cmicpuebla.org.mx/gestor/secciones/articulos/descargables/archivos/16Building%20Information%20Modeling%20BIM%20-%20INCONET%20-%20v1.4%20%2017-03-2011.pdf> Recuperado el 08 de octubre del 2013.

- ❖ Salman A., Hein M., Sketo B. (2009). Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges. Associated Schools of Construction. Disponible en: <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPGT182002008.pdf> Recuperado el 5 de octubre del 2012.
- ❖ Salvatierra H. (2012). México y Brasil, “misiones para la evangelización de BIM. Obras web. Disponible en: <http://www.obrasweb.mx/arquitectura/2012/11/28/mexico-la-tierra-prometida-en-la-evangelizacion-de-bim>. Recuperado el 08 de octubre del 2013.
- ❖ Schlueter A., Thesseling F. (2009) Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages. “Automation in construction”, ELSEVIER, V.18, 153-163.
- ❖ Smith Dana K., Tardif M. (2009). Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide. John Wiley & Sons, New Jersey, EEUU.

### ACERCA DEL AUTOR

*La Ing. Civil Maricela Laguna Hernández estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Ensenada. Posteriormente participó en el sector público y privado como coordinador de proyectos de inversión y mantenimiento en el área de Ingeniería y Desarrollo. Actualmente es Alumna de tiempo completo de la Unidad de Posgrado e Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán.*

