

**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.**

**La implementación de  
tecnologías BIM en  
las asignaturas de  
construcción de los  
programas de  
ingeniería civil**

**Mtro. Gilberto A. Corona Suárez  
Mtro. Romel Gilberto Solís Carcaño  
Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN**



## Implementación de Tecnologías BIM en las asignaturas de construcción de los programas de ingeniería civil.

**Mtro. Gilberto A. Corona Suárez**

csuarez@uady.mx

**Mtro. Romel Gilberto Solís Carcaño**

tulich@uady.mx

**Mtra. Selene Aimeé Audeves Pérez**

selene.audeves@uady.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

### ABSTRACT

This work reports on planning the implementation of BIM (Building Information Modeling) Technologies in the teaching of construction courses in the Civil Engineering Program of the Faculty of Engineering at Universidad Autónoma de Yucatán. During the updating of this Civil Engineering Curriculum the review of the construction courses led to the updating of their contents, including the introduction of the BIM technologies for the learning of these contents. Specific competences were determined for the construction area based on the general competence for this area within the Civil Engineering curriculum: Managing the implementation of construction projects through sustainable use of the required resources, meeting the requirements for time, cost, quality, and safety. Based on the analysis of these competences four construction courses were proposed: Construction Procedures, Project Planning and Organization, Construction Cost Estimating, and Project Execution and Control. The potential applications of BIM technologies were also identified based on the analysis of these competences. Lastly, it was determined how the main uses of BIM models could be used to achieve the competences associated with each of the four proposed courses.

### KEYWORDS

BIM Technologies, Civil Engineering, Construction, Curriculum, Competences.

## **RESUMEN**

En este trabajo se reporta cómo se ha planeado la implementación de las tecnologías BIM (Building Information Modeling) en la enseñanza de las asignaturas de construcción del plan de estudios de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Se aprovechó la ocasión de la actualización de dicho plan de estudios 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. Procedimientos de Construcción, Planeación y Organización de Proyectos, Estimación de Costos de Construcción, y Ejecución y Control de Proyectos son las cuatro materias que resultaron del análisis estas competencias. Con base en un análisis también se identificaron las potenciales aplicaciones de las tecnologías BIM en el logro de estas competencias. Al final se pudo determinar cómo los principales usos de los modelos BIM podrían servir para el logro de las competencias asociadas a cada una de las cuatro asignaturas analizadas.

## **PALABRAS CLAVE**

Tecnologías BIM, Ingeniería Civil, Construcción, Plan de Estudios, Competencias.

## INTRODUCCIÓN

Building Information Modeling (BIM) representa un cambio de paradigma para la industria de la construcción y todos los ingenieros civiles que participan en ella, porque permite una comunicación integral y precisa de la información de la ingeniería sin la necesidad de planos detallados del proyecto. Organizaciones de profesionales y de la industria de la construcción, tales como la del Instituto Americano de Arquitectos y la de los Contratistas Generales Asociados, han publicado guías para la implementación de esta tecnología así como formatos de contratación apropiados. Los beneficios de BIM han sido estudiados y evaluados en la práctica de la arquitectura (Birx 2005), en la ingeniería estructural (Sacks y Barak 2008), en la construcción (Khazode et al. 2005), y en la fabricación de estructuras (Sacks et al. 2004). Sin embargo, se puede esperar que el personal capacitado para implementar tecnologías BIM en la industria de la construcción sea escaso ya que su enseñanza en las instituciones educativas aún es limitada. Fox y Hietanen (2007) encontraron que la capacitación es un elemento importante para el uso inter-organizacional de modelos BIM, mientras que otro extenso estudio sobre el uso de BIM determinó que la falta de una adecuada capacitación es el impedimento más importante para su adopción (Young et al. 2008). Por otro lado, en una mesa de trabajo que incluyó a los principales representantes de la industria de la arquitectura, la ingeniería, y la construcción en los Estados Unidos se identificó que existe una falta de practicantes que estén listos para llevar a esta industria a la era de la tecnología BIM (Hartmann y Fischer 2008). Incluso en países con un largo camino andado en la innovación con BIM, como es el caso de Finlandia, la educación de arquitectos e ingenieros aún está basada en la elaboración de planos y no en la modelación en tres dimensiones (Kiviniemi 2006).

Tomando en cuenta lo anterior, la sentencia es que a menos que BIM sea introducido como un tema fundamental en los planes de estudio de licenciatura en ingeniería civil, los egresados carecerán de las competencias necesarias para servir a una industria de la construcción en la que los modelos tridimensionales (3D) serán el principal medio para expresar y comunicar el diseño de un proyecto. Tal como ha sido propuesto para los cursos de representación gráfica impartidos en los planes de estudio de ingeniería (Branoff et al. 2002), el principio clave es los estudiantes aprendan que el modelo 3D es el centro del proceso de diseño y construcción de un proyecto.

En respuesta a esta necesidad, los profesores del cuerpo académico de Ingeniería de la Construcción (CAIC) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (FIUADY) han planeado la implementación de competencias que permitan a los estudiantes de ingeniería civil aplicar, aunque sea de manera básica, herramientas de la tecnología BIM en la planeación y el control de los proyectos de construcción. En este documento se reporta entonces la planeación realizada para dicho fin.

## OBJETIVO GENERAL

Este trabajo reporta el proceso que el cuerpo académico de Ingeniería de la Construcción de la FIUADY realizó como parte de la planeación para implementar competencias sobre el uso de la tecnología BIM en la planeación y el control de los proyectos de construcción.

## DESARROLLO

Como parte de la implementación del nuevo Modelo Educativo para la Formación Integral (MEFI, 2011) de la Universidad Autónoma de Yucatán, se han estado actualizando los planes de estudio de los programas académicos que se imparten en esta universidad. Esta actualización ha sido guiada por los principios establecidos en el MEFI y uno de ellos se refiere específicamente al aprendizaje basado en competencias; por lo cual se ha hecho necesario que durante el proceso de actualización se establezcan las competencias de egreso de los planes de estudio. De acuerdo con la Guía para la Construcción del Perfil de Egreso (2014) emitida por la UADY para la implementación del MEFI, el proceso que se debió seguir para establecer estas competencias de egreso es el que se muestra en la Figura 1.

Siguiendo los pasos establecidos en la mencionada guía, se identificaron cinco áreas de competencia para la actualización del plan de estudios de la Licenciatura en Ingeniería Civil: Construcción, Estructuras y Materiales, Vías Terrestres y Geotécnia, Hidráulica e Hidrología, y Ciencias Básicas. Al cuerpo académico de Ingeniería de la Construcción le correspondió revisar y actualizar el área de construcción, por lo que este grupo se limitó a definir las competencias de egreso que le deberían corresponder a dicha área. Una vez que se definió la competencia de egreso para el área de construcción, se determinaron los “saberes” correspondientes a tres diferentes categorías: saber hacer, saber conocer, y saber ser. El saber hacer se refiere a aspectos procedimentales ya que expresan habilidades instrumentales (por ejemplo, metodologías, técnicas, algoritmos, entre muchos otros); el saber conocer se refiere a los procesos cognitivos (por ejemplo, conceptos, leyes, teorías, datos, entre otros); mientras que el saber ser se refiere a las actitudes y valores. En la sección de resultados se detallan tanto la competencia de egreso como los saberes definidos por el CAIC.



Figura 1. Etapas para la construcción del perfil de egreso.

Como se ilustra en la Figura 2, la definición de los saberes permitió posteriormente determinar las asignaturas que se deberán incluir en el nuevo plan de estudios de la Licenciatura en Ingeniería Civil de la FIUADY para asegurar que los egresados adquieran las competencias relacionadas con el área de construcción. Como se mencionó anteriormente, al CAIC le correspondió revisar y actualizar el área de construcción, por lo que la definición de las competencias sobre el uso de las tecnologías BIM se circunscribió únicamente a los programas de las asignaturas propuestas para esta área. Como se verá en la sección de resultados, fueron cuatro materias las que se propusieron para el área de construcción: Procedimientos de Construcción, Planeación y Organización de Proyectos, Estimación de Costos de Construcción, así como Ejecución y Control de Proyectos.



Figura 2. Definición de las competencias de las asignaturas

Posteriormente, mediante la revisión de bibliografía relevante a la tecnología BIM se identificaron los diferentes usos que se le puede dar al modelo BIM de un proyecto dado. En este proceso fueron especialmente relevantes el Manual BIM de Eastman et al. (2011) y la Guía para la Planeación de la Ejecución de Proyectos con BIM (2010) emitida por The Computer Integrated Construction Research Group de Pennsylvania State University. Una vez identificados estos usos, éstos fueron pertinentemente asociados a las diferentes asignaturas previamente establecidas. De esta manera, se pudo definir las competencias específicas de las cuatro asignaturas mencionadas tomando en cuenta estos usos.



## RESULTADOS

Para la actualización del plan de estudios de la Licenciatura en Ingeniería Civil se identificaron cinco áreas de competencia: Construcción, Estructuras y Materiales, Vías Terrestres y Geotecnia, Hidráulica e Hidrología, y Ciencias Básicas. Al cuerpo académico de Ingeniería de la Construcción le correspondió revisar y actualizar el área de construcción, por lo que este grupo se limitó a definir las competencias de egreso que le deberían corresponder a dicha área. Las competencias de egreso que se definieron para estas áreas son las siguientes:

**Construcción:** Administrar la ejecución de los proyectos de construcción a través del uso sustentable de los recursos requeridos, y procurando cumplir con el tiempo, costo, calidad, y seguridad establecidos.

**Vías Terrestres y Geotecnia:** Diseña sistemas de vías terrestres y determina la capacidad de los suelos como sustento de las obras de infraestructura, de acuerdo con los principios geotécnicos y las herramientas vigentes, considerando la seguridad, la economía y su impacto en la sustentabilidad.

**Estructuras y Materiales:** Diseña elementos y sistemas estructurales para las obras de infraestructura civil, con base en la reglamentación vigente, aplicando conocimientos de matemáticas, cómputo, materiales y mecánica, así como los principios de sustentabilidad, responsabilidad social y ética profesional.

**Hidráulica e Hidrología:** Diseña sistemas de infraestructura hidráulica, incorporando los principios de la responsabilidad social y la ética.

**Ciencias Básicas:** Desarrolla la creatividad, el pensamiento lógico y el pensamiento crítico a través de la solución de problemas, aplicando matemáticas, ciencias experimentales y herramientas computacionales.

Una vez que se definió la competencia de egreso para el área de construcción, se determinaron los saberes correspondientes, los cuales se han enlistado en la Tabla 1. Estos saberes guiaron la determinación de las asignaturas que se deberían incluir en el nuevo plan de estudios de la Licenciatura de Ingeniería Civil para asegurar la adquisición de la competencia de egreso del área de construcción. La Tabla 2 contiene las asignaturas que se formularon con base en la asociación de saberes previamente identificados. En la Tabla 2 también se han incluido los saberes asociados a cada asignatura y la competencia que respectivamente se definió para cada una de éstas.

<b>CONSTRUCCIÓN</b>		
<b>Administra la ejecución de los proyectos de construcción a través del uso sustentable de los recursos requeridos, y procurando cumplir con en el tiempo, costo, calidad, y seguridad establecidos.</b>		
<b>Saber hacer</b>	<b>Saber conocer</b>	<b>Saber ser</b>
<p>Analiza las formas de realizar la transformación de insumos en los sistemas de producción por proyectos, buscando la mejora de la productividad.</p> <p>Analiza los procedimientos de construcción, considerando la seguridad durante su ejecución y la mitigación de sus efectos ambientales.</p> <p>Estima las cantidades de los conceptos de obra asociados a los proyectos de construcción, basándose en los planos y especificaciones de diseño.</p> <p>Planifica el tiempo y la calidad para la ejecución de los proyectos de construcción, de acuerdo a la normatividad aplicable.</p> <p>Organiza eficazmente la ejecución de los proyectos de construcción.</p> <p>Ejecuta los procesos de administración de proyectos de construcción de manera eficiente, utilizando modelos integrados de información y programas de cómputo.</p> <p>Estima de manera precisa los costos asociados a los conceptos de trabajo que incluyen los proyectos de construcción.</p> <p>Elabora los presupuestos de los proyectos de construcción, con base en la estimación detallada de los costos y sobrecostos de los trabajos a realizar.</p> <p>Dirige la ejecución de proyectos de construcción, considerando los objetivos establecidos de tiempo, costo, calidad, seguridad y mitigación ambiental.</p>	<p>Identifica los conceptos de la ingeniería de procesos aplicables a los sistemas de producción por proyectos, buscando la eficiencia de las organizaciones.</p> <p>Explica el funcionamiento de una organización productiva bajo un enfoque de sistemas, considerando las entradas, los procesos, las salidas y los factores del entorno.</p> <p>Identifica los procedimientos de construcción considerando la ejecución de los diferentes tipos proyectos.</p> <p>Reconoce los requerimientos de recursos humanos, materiales y de maquinaria, para la ejecución de los proyectos de construcción.</p> <p>Identifica los recursos informáticos utilizados en la construcción, para la gestión eficiente de los proyectos.</p> <p>Describe las etapas del ciclo de vida de los proyectos de construcción con una visión integral.</p> <p>Describe de manera precisa los procesos requeridos en la gestión de los proyectos de construcción.</p> <p>Describe los factores físicos, sociales y económicos que inciden en la ejecución de los proyectos de construcción.</p> <p>Identifica las relaciones entre los constructores y clientes, de acuerdo a los tipos de contratos aplicables a los proyectos de construcción.</p> <p>Reconoce las fuentes de información relacionadas con la productividad de las actividades de constru-</p>	<p>Incorpora los principios de sustentabilidad en el desarrollo de obras de infraestructura, aplicándolos en todas las etapas de su ciclo de vida.</p> <p>Participa con iniciativa en equipos inter o multidisciplinarios para la solución de problemas de ingeniería civil en los ámbitos local y global.</p> <p>Promueve los principios de responsabilidad social y ética profesional en la solución de problemas de ingeniería, de manera decidida y con liderazgo.</p> <p>Manifiesta empatía hacia las necesidades de los clientes de la construcción, a través de la procuración de obras que cumplan con sus requerimientos de tiempo, costo, calidad, y seguridad.</p>

<p>Controla oportuna y eficazmente el tiempo, costo y calidad de los proyectos de construcción.</p> <p>Aplica la normatividad asociada a los reglamentos locales de construcción para la ejecución de los proyectos, considerando los intereses de los clientes y la sociedad.</p>	<p>cción.</p> <p>Identifica los programas de cómputo utilizados en la gestión de los proyectos de construcción, basado en la tecnología vigente.</p> <p>Reconoce los componentes de los costos asociados a los conceptos de trabajo de construcción, basado en los requerimientos establecidos para un proyecto.</p> <p>Describe de manera precisa los procesos asociados a la gestión de costos de los proyectos de construcción.</p> <p>Identifica los conceptos legales y la normatividad en la ejecución de los proyectos de construcción, considerando su vigencia.</p> <p>Reconoce de manera precisa los procesos asociados a la dirección de los proyectos de construcción.</p> <p>Reconoce los riesgos laborales y las medidas de prevención asociados a la ejecución de los proyectos de construcción, de acuerdo a la normatividad vigente.</p> <p>Identifica los factores ambientales asociados a la ejecución de los proyectos, basado en la normatividad ambiental vigente para la construcción.</p> <p>Reconoce de manera precisa los procesos asociados a la gestión de la calidad en los proyectos de construcción.</p>	
--	---	--

Tabla 1. Desglose de saberes para el área de competencia Construcción.

Saber Hacer	Saber Conocer	Saber Ser	Asignatura	Competencia de la Asignatura
<p>Analiza los procedimientos de construcción y medidas para mitigar sus efectos ambientales en la ejecución de proyectos de construcción, considerando los principales factores involucrados.</p> <p>Implementa de forma segura los procedimientos de construcción y medidas para mitigar sus efectos ambientales en la ejecución de proyectos de construcción.</p> <p>Cuantifica de manera precisa los conceptos de trabajo que incluyen los proyectos de construcción.</p> <p>Utiliza modelos integrados de información y programas de cómputo buscando la realización eficiente de los procesos de administración de los proyectos de construcción.</p>	<p>Identifica de manera completa los procedimientos de construcción que se utilizan en la ejecución de los proyectos.</p> <p>Reconoce de manera completa los requerimientos de recursos humanos, materiales y de maquinaria para la ejecución de los proyectos de construcción.</p> <p>Identifica los recursos informáticos que se utilizan en los proyectos de construcción, con el fin de lograr su gestión integral.</p>	<p>Incorpora los principios de sustentabilidad en el desarrollo de las obras de infraestructura.</p> <p>Respeta los principios de responsabilidad social y ética profesional en la solución de problemas de ingeniería.</p> <p>Participa en equipos inter y/o multidisciplinarios, para la solución de problemas de ingeniería civil, en los ámbitos local y global.</p>	<p><b>Procedimientos de construcción</b></p>	<p>Formular los procedimientos que se utilizan en la construcción de los proyectos, tomando en cuenta los factores de impacto ambiental y de riesgos a la salud.</p>
<p>Planifica el tiempo y la calidad para la ejecución de los proyectos de construcción, tomando en cuenta la normatividad aplicable.</p> <p>Organiza eficazmente la ejecución de los proyectos de construcción.</p> <p>Utiliza modelos integrados de información y programas de cómputo buscando la realización eficiente de los</p>	<p>Describe las etapas del ciclo de vida de los proyectos de construcción con una visión integral.</p> <p>Describe de manera precisa los procesos requeridos en la gestión de los proyectos de construcción.</p> <p>Identifica los recursos informáticos que se utilizan en los proyectos de construcción, con el fin de lograr su gestión integral.</p>	<p>Incorpora los principios de sustentabilidad en el desarrollo de las obras de infraestructura.</p> <p>Participa en equipos inter y/o multidisciplinarios, para la solución de problemas de ingeniería civil, en los ámbitos local y global.</p> <p>Respeta los principios de responsabilidad social y ética profesional en la solución de problemas de ingeniería</p>	<p><b>Planeación y Organización de Proyectos</b></p>	<p>Elabora los planes de tiempo y calidad para la ejecución de proyectos de construcción, tomando en cuenta los factores pertinentes.</p>

<p>procesos de administración de los proyectos de construcción.</p>	<p>Identifica de manera precisa los tipos de relaciones que se establecen entre los constructores y clientes.</p> <p>Reconoce adecuadamente las fuentes que contengan suficiente información sobre la productividad de las actividades de construcción.</p>			
<p>Estima de manera precisa los costos asociados a los conceptos de trabajo que incluyen los proyectos de construcción.</p> <p>Elabora de manera completa los presupuestos de los proyectos de construcción.</p> <p>Utiliza modelos integrados de información y programas de cómputo buscando la realización eficiente de los procesos de administración de los proyectos de construcción.</p>	<p>Identifica los programas de cómputo que se utilizan en la gestión de los proyectos de construcción en base a la tecnología vigente.</p> <p>Reconoce de manera integral los componentes de los costos asociados a los conceptos de trabajo que incluyen los proyectos de construcción.</p> <p>Reconoce adecuadamente las fuentes que contengan suficiente información sobre la productividad de las actividades de construcción.</p> <p>Describe de manera precisa los procesos asociados a la gestión de costos de los proyectos de construcción.</p> <p>Describe de manera completa y oportuna los factores físicos, sociales y económicos que inciden en la ejecución de los proyectos de construcción.</p>	<p>Participa en equipos inter y/o multidisciplinarios, para la solución de problemas de ingeniería civil, en los ámbitos local y global.</p> <p>Respeto los principios de responsabilidad social y ética profesional en la solución de problemas de ingeniería.</p> <p>Incorpora los principios de sustentabilidad en el desarrollo de las obras de infraestructura.</p>	<p><b>Estimación de costos de construcción</b></p>	<p>Elabora presupuestos para la ejecución de proyectos construcción integrando de manera pertinente los costos asociados.</p>

<p>Dirige la ejecución de proyectos de construcción para asegurar el logro de sus objetivos de tiempo, costo, calidad, seguridad y mitigación ambiental.</p> <p>Controla oportuna y eficazmente el tiempo, costo y calidad de los proyectos de construcción.</p> <p>Aplica la normatividad durante la ejecución de los proyectos de construcción buscando salvaguardar los intereses de la sociedad.</p> <p>Utiliza modelos integrados de información y programas de cómputo buscando la realización eficiente de los procesos de administración de los proyectos de construcción.</p>	<p>Identifica los conceptos legales y la normatividad que aplican en la ejecución de los proyectos de construcción, teniendo en cuenta su vigencia.</p> <p>Identifica los programas de cómputo que se utilizan en la gestión de los proyectos de construcción en base a la tecnología vigente.</p> <p>Reconoce de manera precisa los procesos asociados a la dirección de los proyectos de construcción.</p> <p>Reconoce los riesgos laborales y las medidas de prevención asociados a la ejecución de los proyectos de construcción, en base a la normatividad vigente.</p> <p>Identifica de manera completa los factores ambientales asociados a la ejecución de los proyectos de construcción.</p> <p>Reconoce de manera precisa los procesos asociados a la gestión de la calidad en los proyectos de construcción.</p>	<p>Incorpora los principios de sustentabilidad en el desarrollo de las obras de infraestructura.</p> <p>Participa en equipos inter y/o multidisciplinarios, para la solución de problemas de ingeniería civil, en los ámbitos local y global.</p> <p>Respeto los principios de responsabilidad social y ética profesional en la solución de problemas de ingeniería.</p>	<p><b>Ejecución y control de proyectos</b></p>	<p>Implementa los planes de ejecución establecidos para los proyectos de construcción, asegurando el cumplimiento de sus objetivos de tiempo, costo, calidad, seguridad y mitigación ambiental</p>
--	---	--	--	--

Tabla 2. Determinación de las asignaturas del área de Construcción con base en los saberes establecidos

Finalmente, con base en la revisión de la bibliografía se identificaron, como previamente se explicó, los usos de los modelos BIM, los cuales posteriormente fueron asociados a las asignaturas establecidas. En la Tabla 3 se enlistan estas asignaturas junto con los usos que correspondientemente se les asociaron. Estos usos fueron identificados de la Guía para la Ejecución del Proyecto mediante BIM (2010) emitida por *The Computer Integrated Construction Research Group* de *The Pennsylvania State University*, así como del Manual BIM preparado por Eastman et al. (2011).

Asignaturas	Usos BIM	Descripción del Uso
Procedimientos de Construcción	Fabricación digital	Proceso que utiliza información digitalizada para facilitar la fabricación de los materiales o elementos de la construcción. Este proceso ayuda a asegurar que la manufactura de los elementos fabricados fuera del sitio de construcción cuente con la información suficiente para realizarla con el mínimo de ambigüedades y de desperdicios. Con la tecnología adecuada, un modelo también podría utilizarse para planear el montaje de los elementos prefabricados.
	Diseño del sistema de construcción	Proceso en el que se emplea software para diseño de sistemas en 3D para diseñar y analizar la construcción de una edificación compleja con sus diferentes sistemas (por ejemplo: cimbra, acristalamiento, andamiaje, etc.) y facilitar su planeación.
	Reducción de errores de diseño	Proceso en el cual herramientas BIM pueden ser utilizadas para detectar las interferencias entre los diversos sistemas del proyecto, las cuales son errores comúnmente cometidos durante la fase de diseño. Durante este proceso se puede identificar la superposición de dos o más elementos y prevenir altos sobrecostos durante la etapa de construcción.
Planeación y Organización de Proyectos	Planeación de las fases de construcción (Modelación 4D)	Proceso en el que un modelo 4D (modelo 3D al que se ha agregado la dimensión de tiempo) es utilizado para planear efectivamente la secuencia de las actividades de construcción y los requerimientos de espacio en el sitio de edificación. La modelación 4D es una poderosa herramienta para la visualización y comunicación del proyecto, que puede dar a los participantes en la construcción, incluyendo el cliente, un mejor entendimiento de los puntos clave del proyecto y los planes de construcción.
Estimación de costos	Estimación de costos (cuantificación)	Proceso en el que BIM puede ser utilizado para apoyar la cuantificación precisa de los volúmenes de los conceptos de trabajo y la estimación de sus costos a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. Este proceso permite ver los efectos sobre el costo que tienen los cambios en el proyecto, durante todas las fases del proyecto. Esto puede ayudar a controlar los sobrecostos más excesivos debidos a modificaciones en el proyecto.
Ejecución y Control de Proyectos	Planificación de la utilización del sitio	Proceso en el que BIM es utilizado para representar gráficamente tanto las instalaciones permanentes como las temporales en el sitio, durante las múltiples fases del proceso de construcción. El modelo desarrollado para esta planeación podría también ser ligado con el programa de actividades de construcción, con el fin de comunicar los requerimientos de espacio y secuencia de los trabajos. Otra información que se puede agregar a este modelo puede incluir los recursos de mano de obra, materiales con sus correspondientes entregas y ubicaciones en el sitio, y la localización de la maquinaria y equipos.

<b>Ejecución y Control de Proyectos</b>	<b>Planificación de desastres</b>	Proceso mediante el cual los servicios de emergencia tendrían acceso a la información relevante sobre las instalaciones en la forma de un modelo y sistema de información. El modelo BIM del proyecto podría proveer información crítica que mejoraría la eficiencia de las operaciones de emergencia y minimizaría los riesgos de accidentes, tal como el lugar preciso de la emergencia, las posibles rutas de acceso al área, y otras ubicaciones peligrosas dentro de las instalaciones.
	<b>Control del costo y del programa</b>	Proceso mediante el cual software BIM puede ayudar a gestionar y reportar el estado del proyecto durante la construcción, lo cual puede incluir desde el control del costo y el programa hasta el control de la contabilidad, la procuración, los pagos, etc. Esto es posible ya que los modelos BIM contienen información detallada de las cantidades y de otros parámetros de los elementos constructivos que puede ser ligada a otras aplicaciones. Además, los contratistas y otras partes involucradas pueden obtener nuevo conocimiento sobre el estado del proyecto mediante la utilización de modelos gráficos que permiten analizar visualmente el avance en los trabajos y resaltar problemas potenciales o ya existentes.
	<b>Modelación para dejar constancia de los trabajos realmente realizados</b>	Proceso utilizado para realizar una representación precisa de las condiciones físicas, el entorno, y los bienes de las instalaciones. El modelo resultante de este proceso debe, como mínimo, contener información relacionada con los elementos arquitectónicos, estructurales, y de las instalaciones mecánicas, eléctricas y de plomería. Este proceso es la culminación de toda la modelación BIM realizada a lo largo del proyecto, e incluye realizar la liga de los datos para la operación, mantenimiento, y gestión de instalaciones con el modelo "As-Built" que es entregado al cliente o a los administradores de las instalaciones. Podría ser necesario agregar también la información sobre el equipamiento y los sistemas, en caso de que los operadores del edificio pretendan utilizar esta información en el futuro.

Tabla 3. Usos de los modelos BIM asociados a la construcción.



## Conclusiones

- Es indispensable que los alumnos que egresan de los programas de Ingeniería Civil adquieran competencias en cuanto al uso de las tecnologías BIM
- El plan para implementar la enseñanza de tecnologías BIM en el programa de Ing. Civil de la FIUADY es limitado, ya que solamente se ha previsto implementar en el área de construcción.
- Este plan también es limitado pues no considera hasta ahora la interacción con la etapa de diseño de los proyectos.
- Otras áreas de competencias del programa de Ing. Civil aún no consideran su implementación, así como tampoco los otros programas de la FIUADY.

## BIBLIOGRAFÍA

Birx, G. W. (2005). "BIM evokes revolutionary changes to architecture practice at Ayers/Saint/Gross." *AIArchitect, The American Institute of Architects, Vol. 12.*

Branoff, T. J., Hartman, N. W., y Wiebe, E. N. (2002). "Constraint based, three-dimensional solid modeling in an introductory engineering graphics course: Re-examining the curriculum." *Engineering Graphics Journal, Vol. 66, No. 1, pp. 5–10.*

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. y Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, Segunda Edición.* John Wiley & Sons: Hoboken, New Jersey.

Fox, S. y Hietanen, J. (2007). "Interorganizational use of building information models: Potential for automational, informational and transformational effects." *Construction Management and Economics, Vol. 25, No. 3, pp. 289–296.*

*Guía para la Planeación de la Ejecución de Proyectos con BIM (Building Information Modeling Project Execution Planning Guide) (2010).* The Computer Integrated Construction Research Group, The Pennsylvania State University.

*Guía para la Construcción del Perfil de Egreso (2014).* Universidad Autónoma de Yucatán.

Hartmann, T. y Fischer, M. (2008). "Applications of BIM and hurdles for widespread adoption of BIM 2007 AISC-ACCL eConstruction roundtable event report." *Rep. No. WP105, Center for Integrated Facility Engineering, Stanford, Calif.*  
(<http://cife.stanford.edu/online.publications/WP105.pdf>) (Sept. 18, 2008), p. 17.

Khanzode, A., Fischer, M., y Reed, D. (2005). "Case study of the implementation of the lean project delivery system (LPDS) using virtual building technologies on a large healthcare project." *Procedures of the 13th Conference of the International Group for Lean Construction, R. Kenley, ed., UNSW, Sydney, Australia, pp. 153–160.*

Kiviniemi, A. (2006). "Adopting innovation: Building information models in the Finnish real estate and construction industry." *Clients driving innovation: Moving ideas into practice*, Cooperative Research Centre (CRC) for Construction Innovation, Queensland University of Technology, Gold Coast Conf., pp. 1–17.

MEFI – Modelo Educativo para la Formación Integral (2011). Universidad Autónoma de Yucatán.

Sacks, R. y Barak, R. (2008). "Impact of three-dimensional parametric modeling of buildings on productivity in structural engineering practice." *Automation in Construction*, Vol. 17, No. 4, pp. 439–449.

Sacks, R. y Barak, R. (2010). "Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education", *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, Vol. 136, No. 1, pp. 30-38.

Sacks, R., Eastman, C. M., y Lee, G. (2004). "Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete." *Automation in Construction*, Vol. 13, pp. 291–312.

Young, N. W., Jones, S. A. y Bernstein, H. M. (2008). *SmartMarket report on building information modeling (BIM): Transforming design and construction to achieve greater industry productivity*, McGraw-Hill, New York.

