

La enseñanza de BIM en Chile, el desafío de un cambio de enfoque centrado en la metodología por sobre la tecnología.

BIM education in Chile, the challenge of a shift of focus centered on methodology over technology.

Carolina Briones Lazo

Académica Universidad Diego Portales, Chile
carolina.briones@mail.udp.cl

Carolina Soto Ogueta

Planbim Corfo, Chile
carolinasotoo@yahoo.com

Abstract

This article presents the level of adoption of BIM in Chile referring to recent studies carried out in the country, demonstrating that there has not been a significant increase in the use of this methodology by the industry. According to the analysis of international cases on educational frameworks, the authors argue that the development of a national education strategy for BIM with a focus on defining BIM capabilities required to assume the national mandate 2020, along with promoting collaborative work environments and active learning methodologies would be very beneficial.

Keywords: Building Information Modelling; Metodología BIM; Adopción de BIM; Estrategia de enseñanza de BIM.

Introducción

Existe en Chile la necesidad y oportunidad de incrementar la productividad de la Industria de la Construcción, la cual ha decaído en la última década (Fuentes, 2014).

Una aproximación que países desarrollados han tomado en los últimos años para enfrentar estos problemas, ha sido la utilización de Building Information Modeling (BIM) como una alternativa a las metodologías y herramientas limitadas con las que se siguen diseñando los proyectos en la actualidad, las que no permiten incorporar toda la información requerida para la toma de decisiones durante las etapas de idea, diseño, construcción y operación.

BIM facilita un mejor manejo del ciclo de vida completo de los activos, siempre y cuando su implementación vaya acompañada de estándares y procesos adecuados, junto con la capacitación del capital humano.

A nivel nacional, en 2016 surge Planbim, una iniciativa de Corfo que busca aumentar la productividad de la Industria de la Construcción a partir de la incorporación de metodologías y tecnologías avanzadas de la información y que tiene como meta la inclusión de BIM de manera estandarizada y transversal en las licitaciones de proyectos de edificación e infraestructura pública al 2020 (Planbim, 2016).

Esto posiciona al país en la vanguardia de la exigencia gubernamental de BIM dentro de Latinoamérica, abriendo un nuevo foco de oportunidades para la internacionalización de servicios y desarrollo de la industria.

Sin embargo, el país aún no está preparado para asumir este reto. Así lo muestran dos encuestas desarrolladas en Chile durante 2016, las cuales revelan que las principales brechas para la correcta implementación masiva de BIM en Chile son: desconocimiento del tema; falta de capacitación; y falta de especialistas y profesionales con competencias BIM.

El presente artículo busca proponer los primeros lineamientos y recomendaciones para el futuro desarrollo de una estrategia de enseñanza de BIM para Chile, que recoja los planteamientos y objetivos del mandato gubernamental y permita guiar su implementación en las instituciones académicas del país.

Metodología

Este artículo compara los resultados arrojados por la “Encuesta Nacional BIM 2016” y el estudio de “Diagnóstico de la situación actual de formación de capital humano de BIM en Chile”, para comprender el contexto de la educación de BIM a nivel nacional y las principales brechas en su incorporación.

A su vez, desarrolla el análisis de dos marcos de referencia para la educación de BIM, junto a tres casos de literatura internacional referente al tema. A partir de esta revisión bibliográfica, se extraen puntos relevantes que muestran las distintas visiones y enfoques adoptados por los autores en torno a la enseñanza de BIM en diversos países.

Finalmente, en base al análisis crítico de la literatura revisada, se generan recomendaciones para el desarrollo de una estrategia de enseñanza de BIM para Chile.

BIM: el nuevo paradigma para la enseñanza y la práctica

El ejercicio laboral dentro de la Industria de la Construcción (AEC: Arquitectura, Ingeniería y Construcción por sus siglas en inglés) se ha caracterizado por fraccionar las diferentes tareas y responsabilidades que asume cada actor en el desarrollo de un proyecto. A pesar de que las labores de todos convergen en un mismo objetivo, el de generar y luego operar una edificación o infraestructura, no por ello todos trabajan en conjunto para enfrentar las dificultades que conlleva dicho desafío. La fragmentación y disociación de la organización del trabajo y flujo de información, ha sido reconocida como una de

las mayores causantes de la baja productividad de la industria en Chile (McKinsey&Company, 2013).

La academia sólo refuerza esta manera fragmentada de hacer, donde lo que se aprende luego se aplica de forma aislada en cada disciplina. Los alumnos son llamados a ejercitar el proceso creativo y la resolución de problemas de manera mayoritariamente individual. La organización de las mallas académicas divide los contenidos y materias según temáticas, y pocas veces encontramos instancias dentro de un plan de estudios donde varias de ellas confluyan (Deamer, 2011).

La introducción de tecnologías digitales en la enseñanza y práctica de las carreras AEC, ha facilitado el transitar de una representación de proyecto en 2D o 3D digital, a una simulación por medio de un modelo BIM, el cual permite generar una réplica virtual de: su geometría e información; su proceso constructivo; su comportamiento energético y vida útil; entre muchas otras cosas. Transitamos hacia un nuevo paradigma, que viene a redefinir las relaciones entre las diferentes disciplinas, ya que problemáticas que tendían a resolverse en etapas posteriores a la de diseño, en los modelos BIM pueden ser abordadas con anticipación (Bernstein, 2011).

Además, la información contenida en los modelos BIM, puede ser corregida o consultada en múltiples plataformas o sistemas de apoyo, accediendo a ella de forma remota e instantánea, facilitando procesos sinérgicos de colaboración, integrando a personas, procesos y tecnologías que se comunican y coordinan para trabajar colectivamente. Por ello, BIM es visto como una metodología y no simplemente como una tecnología.

Esta metodología ayuda a mitigar parte del problema del trabajo fragmentado y la división de tareas entre los diferentes especialistas que enfrenta la industria de la construcción (Forgues, 2011).

Antecedentes de la adopción del BIM en Chile

El uso de BIM en Chile, por parte de la Industria de la Construcción, se remonta a fines de los años 90s. Luego, a mediados de los 2000, empieza a aumentar su utilización, especialmente por parte de empresas de Inspección Técnica de Obras y Gerenciamiento de Proyectos, que comenzaron a brindar el servicio de modelación de proyectos con software BIM a partir de planos 2D generados por los distintos diseñadores de los proyectos. (Loyola, 2014).

Estos modelos eran posteriormente utilizados para la detección y resolución de interferencias entre especialidades. Este servicio, que continúa siendo preponderante en Chile, ha ayudado a la difusión del BIM en el mercado nacional, pero también ha limitado su entendimiento en muchos sectores de la industria que hoy sólo lo ven como una herramienta para la detección de interferencias y no perciben los alcances de la utilización de BIM para todas las fases del proyecto, desde su

idea hasta su operación. La última encuesta desarrollada en Chile sobre BIM (Loyola, 2016), revela que el 50% de los usuarios de BIM son indirectos, es decir lo siguen usando principalmente para este propósito.

Otro hito relevante de la utilización de BIM en Chile surgió a partir del año 2011 con la inclusión de éste en licitaciones de proyectos públicos, primero por parte del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2011), y luego del Ministerio de Salud (MINSAL, 2013) y otras instituciones. Estos requerimientos, plasmados en las Bases Administrativas, Anexos Complementarios y/o Términos de Referencia, se han incorporado en mayor medida para proyectos de hospitales, aeropuertos, autopistas urbanas y centros culturales. En un comienzo, estas exigencias estaban orientadas a la coordinación de interferencias, pero paulatinamente fueron incorporando entregables referidos a la simulación de construcción (4D), cubicación y, posteriormente, a la operación de los activos.

La inclusión de BIM en estos proyectos públicos, se inició primordialmente por voluntad de los distintos equipos que formulaban las licitaciones, ya que hasta 2016 no existía ningún esfuerzo por estandarizar el requerimiento de BIM por parte del Estado. Este mismo año se crea Planbim, una iniciativa de Corfo formulada en conjunto con los Ministerios de: Obras Públicas; Vivienda y Urbanismo; Economía, Fomento y Turismo; y Hacienda, la Cámara Chilena de la Construcción y el Instituto de la Construcción, que busca aumentar la productividad de la Industria de la Construcción a partir de la incorporación de metodologías y tecnologías avanzadas de la información, tales como BIM.

Esta iniciativa usa el poder de compra del Estado para impulsar mejoras en el sector y tiene como meta la inclusión de BIM de manera estandarizada y transversal en licitaciones de proyectos de edificación e infraestructura pública al 2020.

Encuesta Nacional BIM 2016

Esta encuesta realizada en su segunda versión a nivel nacional, fue desarrollada por investigadores del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Chile con el objetivo de conocer el estado actual del uso de BIM, y contó con una muestra de 1.338 respuestas válidas.

La Encuesta Nacional BIM 2016 revela que el 53% de los encuestados ha usado BIM en unos pocos proyectos de pequeña magnitud, preferentemente para funciones básicas de visualización. Sólo un 22% declaró utilizar BIM de manera regular, disminuyendo un 1% respecto de la misma encuesta desarrollada el 2013 (Loyola, 2013), poniendo en evidencia que, a pesar de todos los beneficios que ha demostrado traer consigo esta metodología, su uso optimizado por parte de la industria chilena no ha aumentado en los últimos tres años.

Esto se debe, en parte, a que existe una disparidad en el uso de BIM por parte de los actores involucrados en un proyecto. Los encuestados declaran utilizarlo para el desarrollo de arquitectura en un 63%, para el desarrollo de la ingeniería estructural en un 45% y sólo en un 19% para la construcción.

A esto se le suma que aún el modo de trabajo más común es dibujar en CAD para luego modelar en BIM (36%), duplicando trabajo y tiempo. Este método es preferido por especialistas eléctricos, sanitarios y de clima (71%).

La misma encuesta revela que existe un consenso entre usuarios y no usuarios de BIM de que “existe escasez de profesionales con conocimiento BIM”, ya que 72% y 71% respectivamente estaban de acuerdo con esta opinión. Los consultados reconocen que los principales factores influyentes para la falta de masificación de BIM en el país son: la falta de profesionales capacitados en BIM (77%) y que otros profesionales involucrados en el proyecto también lo utilicen (77%).

Loyola (2016) señala que el máximo potencial de BIM para obtener el mayor valor agregado de esta metodología, se alcanza cuando todos los participantes trabajan en un proyecto de manera integrada y simultánea en una plataforma digital colaborativa.

La enseñanza de BIM en Chile

La enseñanza de BIM en Chile se remonta a fines de los años 90s, con la introducción de ArchiCAD de manera incipiente en algunas universidades chilenas. Sin embargo, una mayor adopción en su uso y la aparición de cursos sobre la materia, sólo comenzaron a darse posterior al 2005 con la entrada de un nuevo proveedor de software BIM, Autodesk Revit Architecture. Desde mediados de los 2000, comienzan a aparecer en el mercado cursos y posteriormente diplomados, en su mayoría dictados por los proveedores minoristas de software, enfocados en las herramientas BIM.

En las Instituciones académicas ha existido una cierta renuencia en incorporar tecnologías digitales dentro de las mallas, junto con una baja preparación de docentes en el manejo de software al nivel que la industria requiere, baja investigación en BIM y falta de material o guías de implementación disponibles (Ali, et al. 2016).

En paralelo, las instituciones educacionales han enfrentado en las últimas décadas la presión constante por actualizar sus currículos (Cheng, 2011), debiendo incorporar poco a poco nuevos contenidos o cursos con temáticas como: sustentabilidad, LEAN, diseño y fabricación digital, planificación urbana, resiliencia, etc. Estas temáticas que internacionalmente son impartidas a nivel de post-grado, en Chile tienden a incorporarse dentro del pregrado, ya que las instituciones académicas nacionales son las entidades responsables de entregar tanto el título de grado como el título profesional, buscando por ello formar profesionales con un amplio abanico de conocimientos.

Si consideramos que desde el año 2006 las universidades han recibido enorme presión por acortar la duración efectiva de sus carreras (Peticara, 2014), y, adicionalmente, desde 2014 han asumido la Reforma Educacional de la Educación Superior, la cual busca avanzar hacia la gratuidad universal de forma gradual, es posible entender que el sistema educacional superior en Chile ha estado bastante estresado durante la última década, dificultando aún más la actualización de sus perfiles de egreso, la reformulación de las mallas y la revisión de programas de estudio.

Si tradicionalmente los nuevos conocimientos migraban desde la academia a la industria, hoy este traspaso ha menguado al ser la industria quien ha adoptado más rápidamente BIM y está presionando a la academia a hacerlo y examinar sus metodologías de enseñanza-aprendizaje (Bernstein, P. 2011).

Diagnóstico de la Situación actual de formación de Capital Humano de BIM en Chile

El año 2016 Planbim de Corfo licitó el desarrollo de un estudio de levantamiento de línea base sobre la enseñanza de BIM en Chile, el cual fue desarrollado por la consultora PMG con el nombre de “Diagnóstico de la situación actual de formación de capital humano en BIM en Chile” (PMG, 2016). Este estudio permitió, entre otras cosas, diagnosticar la situación actual de la oferta de programas de capacitación en BIM tanto en pregrado, postgrado y formación continua, con el propósito de evidenciar las brechas existentes.

Para abordar el diagnóstico de las capacidades y brechas de capital humano en BIM, se levantó un catastro de los programas existentes en las instituciones académicas a lo largo del país.

El estudio da cuenta de que en Chile existe un total de 55 Universidades de las cuales 24 pertenecen al Consejo de Rectores y 31 son instituciones privadas. Del total de ellas, 37 imparten carreras relacionadas con la industria de la construcción: Arquitectura, Construcción, Construcción Civil, Ingeniería Civil, Ingeniería Civil en Obras Civiles e Ingeniería en Construcción.

Por otra parte, la oferta de carreras vinculadas con los Centros de Formación Técnica (CFT) e Institutos Profesionales (IP) es diversa, identificándose diez tipos de carreras técnicas, las que van desde ingeniería hasta dibujo técnico. A su vez, se identificaron más de cinco proveedores minoristas de software que cuentan con unidades que prestan capacitación de forma regular en el uso de herramientas computacionales.

Del total de las instituciones educacionales (universidades y CFT-IP), el 56% imparten algún tipo de formación asociada a BIM. Al considerar las empresas proveedoras de software que ofrecen capacitación BIM, este porcentaje aumenta a un 59%.

Enseñanza BIM en Universidades

En relación a la enseñanza universitaria según carreras AEC, el 53% de las carreras de pregrado del ámbito de la construcción de todo Chile cuentan con algún tipo de capacitación en BIM (PMG, 2016). Se observa (tabla 1) que hay regiones en las cuales no se dictan cursos BIM en las universidades, como por ejemplo en la región XV, III, XI y XII. La Región Metropolitana muestra la mayor penetración de enseñanza BIM por parte de las universidades con un 63%.

Se observa (tabla 2) que la carrera que tiene mayor porcentaje de penetración de enseñanza BIM por región es Ingeniería en Construcción con un 69%, seguida por Arquitectura con un 67%. Por el contrario, hay carreras como Construcción Civil y Técnico en Construcción donde los porcentajes de enseñanza

BIM son muy bajos: 11% en el primer caso, y nulo en el segundo.

Tabla 1: Cobertura de las carreras universitarias que declaran enseñar contenidos de BIM por regiones de Chile, Fuente: PMG, 2016.

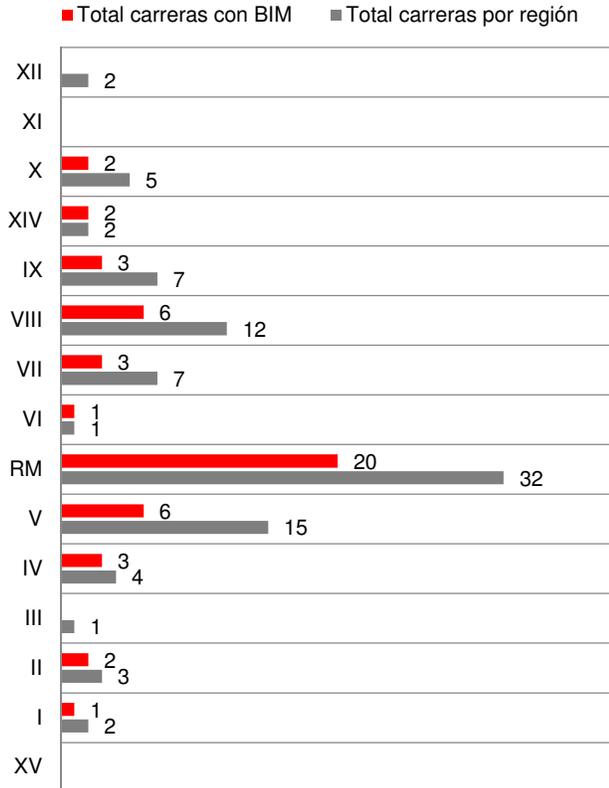


Tabla 2: Porcentaje de carreras universitarias chilenas que declaran enseñar contenidos de BIM. Fuente: PMG, 2016.



Enseñanza BIM en CFT e IP

Por otra parte, si se analiza la cobertura geográfica de la enseñanza de BIM a nivel de carreras de CFT-IP por región, se puede observar (tabla 3) que sólo un 15% de ellas cuentan con algún tipo de formación en BIM. Se observa (tabla 4) que hay siete regiones en las cuales no se dictan cursos de BIM en los CFT-IP: I, II, III, IV, VI, XIV y XI. Lo anterior explica la baja penetración de la enseñanza en torno a esta temática a nivel técnico profesional, tendencia que se mantiene en todo el país.

Tabla 3: Cobertura de las carreras de CFT e IP que declaran enseñar contenidos de BIM por regiones de Chile, Fuente: PMG, 2016.

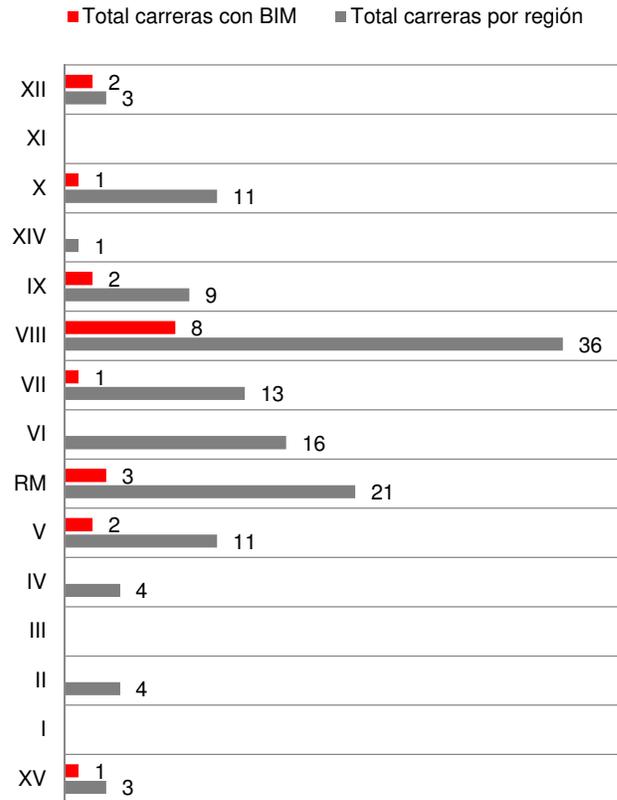


Tabla 4: Porcentaje de carreras de CFT e IP chilenas que declaran enseñar contenidos de BIM, Fuente: PMG, 2016.



Al analizar las cifras a nivel de carreras de CFT-IP, destaca que el 75% de las carreras de Ingeniería en Construcción contienen en sus programas formación en BIM, sin embargo, son pocas las regiones a lo largo de Chile en que se ofrece esta carrera. Por otra parte, hay carreras de CFT-IP en las cuales no se enseña BIM, como por ejemplo en Electricidad, Instalaciones generales y Técnico en Construcción Civil.

Conclusiones sobre la cobertura de enseñanza de BIM en Chile

La enseñanza de BIM en Chile, se encuentra aún en un nivel incipiente de desarrollo. Sólo la mitad de las instituciones educacionales consideran en sus programas de pregrado

contenidos referentes a BIM, los que son impartidos primordialmente en las carreras de Ingeniería en Construcción y Arquitectura, con un enfoque inminentemente en las habilidades técnicas, orientados al modelamiento de proyectos tridimensionales y gestión de obra. (PMG, 2016).

Es relevante considerar que según el estudio de PMG (2016), la oferta de programas orientados al desarrollo de especialidades (sanitarias, eléctricas, clima e incendios, entre otras) con contenidos de BIM es muy reducida o nula. Se identificó también que existen importantes desequilibrios regionales en la oferta de enseñanza de BIM, tanto a nivel técnico como profesional, siendo la zona sur la más afectada con un 25%, versus la media nacional de un 31%.

A esto se le suma el hecho de que el 22% de los encuestados que se han capacitado en BIM lo han realizado a través de cursos vía internet o bien se han auto capacitado con tutoriales web, versus sólo el 8% que declara haberse capacitado en alguna institución educacional a través de cursos de pre o post grado.

Todos los anteriores, son factores que refuerzan los índices levantados en la Encuesta Nacional BIM 2016, en cuanto al bajo nivel de adopción de BIM por parte de la industria nacional. La poca cobertura y oferta de programas de capacitación en BIM para los técnicos y profesionales del área dificulta el desarrollo de especialistas que trabajen en BIM, lo que a su vez genera una interrupción del flujo de procesos y de intercambio de información entre las diferentes etapas de producción del posible trabajo colaborativo que sería facilitado por la metodología BIM, contribuyendo a aletargar la adopción de ésta, ya que dificulta la obtención de beneficios que esta metodología posibilita, relacionados con el ahorro de costos y tiempos, entre muchos otros.

Sumado a ello, el estudio de PMG (2016) reveló que el concepto de BIM no tiene una comprensión única ni estándar tanto en la industria como en el ámbito de la educación. Para algunos centros de formación corresponde al uso de software para el diseño 3D de proyectos, en cambio para otros es una herramienta de gestión de proyectos orientada a la detección de interferencias entre especialidades o bien para generar aumentos de productividad en la etapa de construcción.

No existe aún en Chile, una comprensión de BIM entendido como nuevas metodologías, tecnologías y estándares, que en conjunto permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa y en un espacio virtual (Planbim, 2016). Para que ello ocurra, se hace necesario crear una estrategia de enseñanza de BIM que guíe tanto a la industria para capacitar a la fuerza laboral existente, como a la academia en todos sus niveles y grados.

Modelos internacionales de la enseñanza de BIM

A pesar de que BIM se gesta como idea a inicios de los 70' (Eastman, 2008), pasaron más de 40 años para que fuese

comercialmente rentable y utilizada por las industrias internacionales. Países como: Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, Holanda, Finlandia, Australia, entre otros, ya han medido sus beneficios y elevado su nivel de adopción, ya sea por propio interés de la industria o empujado por distintas instituciones públicas a través de un mandato.

Paralelamente, en varios de estos países se han desarrollado marcos educativos para la enseñanza de BIM, ya sea por el Estado o por algunas universidades y académicos que han iniciado investigaciones sobre el cambio de paradigma que significa la transición del CAD hacia el BIM, y su impacto frente a la tradicional forma de enseñar que se imparte aún en las carreras AEC, heredada de las Bellas Artes y la escuela del Bauhaus (Cheng, 2011).

LOF de Reino Unido

En el año 2013 el UK BIM Task Group, equipo creado por el gobierno Inglés para desarrollar los lineamientos y acciones necesarias para la implementación de BIM en los proyectos públicos de ese país, elaboró con apoyo del BIM Academic Forum (BAF) y otros representantes relevantes de la industria, un instrumento con los objetivos de aprendizaje BIM, llamado Learning Outcomes Framework (LOF). Con este instrumento buscaban impulsar la formación de competencias BIM y fortalecer la capacidad de la industria de responder al mandato público británico fijado para 2016, denominado BIM Level 2.

El LOF ha sido redactado respondiendo al contexto particular del país, haciendo siempre referencia a los estándares británicos. En otras palabras, el mandato BIM de Reino Unido ha sido descrito a través de objetivos de aprendizaje en el LOF, con el propósito de ser más entendible por los participantes de la industria.

Este instrumento no detalla programas de estudios o contenidos curriculares específicos, sino que identifica las temáticas por áreas de conocimiento que deberán ser enseñadas. En él se indican los conocimientos y capacidades que las personas de la industria deben tener para desempeñar las distintas tareas y responsabilidades del proceso BIM.

El LOF no explicita las acciones o estrategias para la educación de BIM, sino que entrega una guía de conocimientos requeridos por el capital humano, para que luego las diferentes instituciones académicas a todo nivel, desde la educación escolar hasta la universitaria, determinen la forma en que dichos objetivos de aprendizajes serán integrados en sus cursos, enseñados y evaluados.

Por su parte el BAF sugiere un marco de implementación del LOF, distribuyendo las temáticas BIM de forma progresiva durante los años de pregrado. Comienza en el nivel 4 - primer año de estudio de pregrado - donde los estudiantes serán introducidos al contexto y antecedentes de la industria y a cómo funciona un sistema de trabajo colaborativo a través del uso de la tecnología BIM. Nivel 5 - año 2- implica el desarrollo del conocimiento y la comprensión de BIM como un impulsor de negocios para trabajos de colaboración que afecta a todas

las etapas del ciclo de vida de los proyectos. El nivel 6 - año 3 y posiblemente después de un año de práctica en la industria - se centra en la creación de competencias, conocimientos y responsabilidades en torno a las personas, los sistemas y los procesos que la metodología BIM requiere (HEA, 2013).

IMAC de Australia

Jennifer A. Macdonald (2012) creó una guía para ayudar a empresas y organizaciones a mejorar sus niveles de uso de Tecnologías de la Información, definiendo acciones y metas. Luego de haber obtenido buenos resultados a partir del testeo de ese instrumento en una pequeña compañía, la autora decidió adaptar el formato de la herramienta para crear un marco de enseñanza, nombrándolo IMAC (Ilustración, Manipulación, Aplicación, Colaboración) para la educación de BIM en las carreras de AEC. El modelo IMAC, centrado en el trabajo colaborativo, propone los siguientes niveles de enseñanza de BIM, sin especificar en qué grado o año educacional se debiera incorporar:

Ilustración: Se ocupan los modelos BIM para ilustrar conceptos y enseñar contenidos de variadas materias. La enseñanza está separada por disciplinas y los alumnos no hacen ni utilizan los modelos. **Manipulación:** Los estudiantes aprenden a interactuar con modelos hechos previamente por otros. **Aplicación:** Los estudiantes han adquirido previamente conocimiento teórico básico en sus disciplinas y empiezan a aplicar ese conocimiento para resolver problemas específicos de su área. Crean modelos desde cero o utilizan modelos existentes para análisis - dependiendo de su disciplina. Aprenden también a desarrollar modelos para la colaboración interdisciplinaria. **Colaboración:** Los estudiantes aprenden en conjunto con otros alumnos de distintas disciplinas. Se hace énfasis en el aprendizaje a través de enseñar a otros.

Estos niveles de aprendizaje están ligados, según la autora, a la Taxonomía de Bloom y, dado que se enfocan en el desarrollo de habilidades técnicas e interpersonales, abarcan habilidades tanto del ámbito cognitivo como afectivo.

Posteriormente, Macdonald y Mills (2013) desarrollan aún más este instrumento, sin caracterizarlo para un país específico, aunque haciendo referencia al caso de Australia y Reino Unido. Las autoras ven la urgencia de enfocar la atención en definir un marco de enseñanza para el trabajo colaborativo, ya que, lamentablemente, la primera vez que los estudiantes se ven enfrentados a trabajar con actores de otras disciplinas es en su último año de estudio. Remarcan lo importante que es, por parte de los estudiantes, comprender los diferentes roles y responsabilidades que son asumidos por todos quienes toman decisiones, y sus implicancias en el desarrollo de un proyecto.

Las autoras reconocen que la gran dificultad de implementar un método como el IMAC es la de cambiar el modelo de enseñanza actual, involucrando un gran desafío para quienes deben re-diseñar los currículos educacionales y las metodologías de enseñanza-aprendizaje utilizadas hasta la fecha. En el caso de la enseñanza de BIM, afirma, los esfuerzos se han focalizado sólo en habilidades de manejo de

software y modelado 3D, y no en el manejo y administración de la información que proviene de los modelos BIM. Establecen que los nuevos profesionales deben ser competentes también en: administración de datos, tecnología de la información, conservación de materiales y energía, internet de las cosas, análisis y optimización del ciclo de vida, diseño de procesos, finanzas y marketing.

Messner et al.

En este artículo, los autores se enfocan en uno de los principales aspectos del BIM: su capacidad de brindar un método para organizar la información a lo largo de todas las etapas de un proceso, información que, por medio de software, es usada para desarrollar simulaciones y análisis del comportamiento del diseño. Reconocen que el problema que esto conlleva es que permite generar múltiples tareas dentro de un sólo proyecto: diseño, análisis energético y de radiación, planificación de obra, estimación de costos, etc., y que esto lleva a la conjetura de que una sola persona, el estudiante, debiera tener conocimiento para desarrollarlas todas, lo que es impracticable.

Para superar esta primera impresión y problemática que enfrentan todas las instituciones académicas interesadas en introducir BIM, los autores proponen un modelo de enseñanza basado en la adaptación del esquema en forma de T propuesto por Kelley (T shaped people), en el cual los profesionales, deben tener conocimiento profundo en al menos un campo y al mismo tiempo conocimiento amplio de muchos otros. "Es importante enseñar a los estudiantes a cómo colaborar, aprender y nivelar la inteligencia colectiva de un equipo de alumnos para que sean más efectivos cuando ejecutan proyectos de diseño que requieren *amplitud* y *profundidad* de conocimiento en muchos ámbitos" (Messner, 2011, p 57).

Para lograr esta enseñanza, un camino, para los autores sería el desarrollo de proyectos interdisciplinarios, que permitan a los estudiantes adquirir una visión amplia del conocimiento involucrado en un proyecto, y a la vez profundizar las competencias específicas de su disciplina al ponerlas a prueba en la resolución colaborativa de problemas.

Renée Cheng

Para la autora, la concepción de BIM tiene relación con que todo está integrado, interconectado y es interdependiente, y que un sistema así funciona mejor cuando la información fluye de manera eficiente. Desafortunadamente, enfrentarse ante esa basta información puede ser paralizante. Sin embargo, un profesional con años de experiencia sabe reconocer qué información necesita y cuál es importante considerar para sopesar un problema o tomar una decisión. Por el contrario, un estudiante en formación no sabe filtrar ni priorizar.

Según Cheng, los métodos de enseñanza convencional, entregan información parcializada a los estudiantes, la cual se va complejizando de manera progresiva pero controlada a lo largo de la carrera. Sin embargo, apela a que un buen currículo, es aquel que prepara al estudiante con habilidades

de juicio crítico, que le permitan filtrar y priorizar, ya que la información por sí misma es secundaria.

El problema radica cuando se incorpora BIM al inicio de los estudios, ya que abre múltiples posibilidades, que hacen necesario tener cierto conocimiento de la disciplina que permita al estudiante priorizar las acciones y objetivos de su trabajo. Cheng (2011, p21) argumenta que “la estrategia curricular para lograr esto crea primero la *necesidad de saber* y luego presenta la información en el momento adecuado, asegurando su aplicación inmediata y un nivel profundo de comprensión”.

La autora ejemplifica que este tipo de aprendizaje no se logra sólo por fomentar el trabajo interdisciplinario de equipos de alumnos trabajando juntos. Por el contrario, pueden ser encargos individuales de temas relacionados o no al BIM y que pueden ser resueltos con herramientas análogas o digitales. Lo importante, afirma, es asegurarse de que se avanzará en la tarea encomendada sólo si se ha obtenido información específica del análisis aportado desde otra disciplina, inculcando así una efectiva necesidad de colaborar para poder avanzar.

Peggy Deamer

La autora argumenta que introducir la enseñanza de BIM en una carrera levanta preguntas iniciales como, por ejemplo, si debe ser instalado en los cursos de representación, o de manejo de software, o de construcción y gestión de obra, o en materias relacionadas con la sustentabilidad, fabricación digital o finanzas, o bien en cursos de aprendizaje práctico aplicado.

Lo que si está claro, según la autora, es que BIM viene a desestructurar toda aquella jerarquía y organización ya establecida en la academia, relacionada a las divisiones de responsabilidades que asume cada actor según su área de experticia. Deamer (2011) plantea tres posibles caminos para la integración del BIM en la educación:

Opción 1: No se cambia el currículo académico, es decir, se introduce BIM en algunos electivos o talleres y se establece que es responsabilidad de la industria enseñarlo. **Opción 2:** Se decide que es responsabilidad de la academia, pero su enseñanza sólo se integra a nivel de postgrado. **Opción 3:** Se reestructura la educación para incorporarlo integradamente desde el inicio de la carrera. La autora se inclina por esta última opción.

Análisis de modelos internacionales

El análisis de los estudios nacionales y del actual estado de incorporación del BIM en Chile y del Mandato Nacional al 2020 evidencia que la creación y difusión de una estrategia o marco que entregue lineamientos sobre la enseñanza de BIM, podría ser muy beneficioso debido al alto nivel de desconocimiento y bajo nivel de adopción de la metodología por parte de los diferentes sectores de la industria. Como muestra, el caso británico es un instrumento que no sólo sirve para guiar a la academia, sino que es útil para toda la industria, en la medida

que, a través de ese medio, se difundan también los alcances del mandato, los estándares a utilizar, las metodologías, procesos e instrumentos que regirán el trabajo colaborativo.

Chile necesita una estrategia sobre la enseñanza de BIM caracterizada para el país, según las especificidades relacionadas con el desarrollo de proyectos públicos a nivel nacional, considerando el marco contractual, los actuales y futuros estándares, las etapas del proyecto, los procesos específicos, la normativa, etc.

Actualmente, el gobierno ha levantado iniciativas enfocadas a aumentar la cantidad y calidad de la capacitación en BIM, así como a cubrir ciertas brechas detectadas en el estudio de PMG (2016) - especialidades, interoperabilidad, etc. - pero estos intentos hoy no están inscritos dentro de un marco de enseñanza. El marco debiese crearse en consenso con la industria, el sector público y la academia, e idealmente en paralelo al desarrollo de los estándares BIM bajo los cuales se requerirá desarrollar los proyectos de edificación e infraestructura pública.

En base a las referencias internacionales, el marco chileno debiese hacer énfasis en la enseñanza a través de métodos de aprendizaje que promuevan el trabajo interdisciplinario y colaborativo, identificando las habilidades no sólo cognitivas sino también afectivas – empáticas -, que permitan generar profesionales y técnicos capaces de filtrar y jerarquizar la información recibida para una buena toma de decisiones.

Por ello, el marco debiese estar enfocado en la metodología BIM y no solamente en el uso de tecnología y software, haciendo especial énfasis en este aspecto, promoviendo la inclusión de estas temáticas no sólo en los cursos de software o de visualización de proyectos, para así reorientar el acotado entendimiento de BIM predominante hasta la fecha en la academia.

La estrategia para Chile, debiese enfocarse en difundir la necesidad de sumar a las actuales capacidades laborales de todos los actores y organismos involucrados en las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto, con competencias BIM. Es decir, desde la formación de clientes o mandantes, quienes al entender los beneficios de BIM promoverán su implementación en el desarrollo de licitaciones; hasta la mano de obra que ejecuta el trabajo durante la construcción y mantención; técnicos y profesionales, tanto del ámbito público como privado, quienes asumen múltiples responsabilidades a lo largo de todo el proceso.

Por ello, corresponde que el marco de enseñanza defina acciones para la educación del futuro capital humano, tanto a nivel de pregrado como postgrado, pero también de la fuerza laboral actual que ya se desempeña dentro de la industria de la construcción y debe ser capacitada por medio de cursos de formación continua, durante la actual fase de transición en la adopción y masificación de BIM.

Se sugiere que la estrategia de enseñanza de BIM para Chile, tome un camino combinado entre la opción británica del LOF, muy enfocada a describir capacidades y responsabilidades

que deben ser asumidas por los actores, y las opciones de otros autores que indican caminos más detallados para la introducción de la enseñanza de BIM de manera progresiva y gradual en los currículos académicos ya existentes.

Se debe construir un marco que dé lineamientos y guía para las instituciones académicas y que oriente en cuanto a cómo desarrollar una educación que promueva ambientes colaborativos, pero también indique cuáles son los mínimos conocimientos necesarios para desempeñar las distintas acciones dentro de la cadena de producción de un proyecto desarrollado en BIM, en cualquiera de las etapas de su ciclo de vida.

Conclusiones

En base a la revisión de las encuestas y estudios desarrollados en Chile en los últimos años, que demuestran que no ha habido un incremento importante en la adopción y uso de BIM por parte de la industria, sería muy beneficioso para el país la definición de un marco que trace una estrategia nacional de enseñanza de BIM.

Según la revisión de casos internacionales, es posible argumentar que el enfoque de ese marco debiese estar centrado en dos aspectos, por una parte, definir las capacidades BIM que deben ser asumidas a lo largo de todo el proceso de desarrollo y operación de un proyecto, y por otra parte fomentar la enseñanza y métodos de aprendizaje que promuevan el trabajo colaborativo, el cual parece ser, el foco del nuevo paradigma que trae BIM para la industria.

Agradecimientos

Damos las gracias al equipo de Planbim-Corfo y al equipo del UK BIM Task Group.

Referencias

- Ali, K. N., Mustafa, N. E., Keat, Q. J., & Enebuma, W. I. (2016). Building information modelling (BIM) educational framework for quantity surveying students: The Malaysian perspective. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 21(9), (pp. 140-151)
- Bernstein, P. (2011). BIM: Practice Context and Implications for the Academy. In Deamer, P., & Bernstein, P. G. (Eds.). (2011). *BIM in Academia*. (pp. 4-1) New Haven, CT: Yale School of Architecture.
- Cheng, R. (2011). Facing the fact of BIM: Architectural Curricula Past, Present, and Future. In Deamer, P., & Bernstein, P. G. (Eds.). (2011). *BIM in Academia*. (pp. 21-27) New Haven, CT: Yale School of Architecture.
- Consultora PMG. (2016). Diagnóstico de la Situación actual de formación de Capital Humano de BIM en Chile. Consultado en: <http://www.planbim.cl/InformeDiagnostico/Informe%20de%20Diagnostico.pdf>
- Deamer, P. (2011). BIM in Academia. In Deamer, P., & Bernstein, P. G. (Eds.). (2011). *BIM in Academia*. (pp. 1-4) New Haven, CT: Yale School of Architecture.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2008), *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey
- Forgues, D., Staub-French, S., & Farah, L. M. (2011). Teaching Building Design and Construction Engineering. Are we ready for the paradigm shift?. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association*
- Fuentes, J.R., García, G. (2014) *Revista Economía Chilena*, Abril 2014, vol 17 n°1. Santiago. Consultado en: http://www.comisiondeproductividad.cl/wp-content/uploads/2016/10/Una-mirada-desagregada-al-deterioro-de-la-productividad-en-Chile-FUENTES-_GARCIA.pdf
- HEA. (2013). Embedding Building Information Modelling (BIM) within the taught Curriculum. Higher Education Academy: BIM Academic Forum. Consultado en: http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2013/10/BIM_June2013.pdf
- Loyola, M. (2013). Encuesta Nacional BIM 2013: Informe de Resultados. Departamento de Arquitectura, Universidad de Chile. Consultado en: http://bim.uchilefau.cl/doc/Encuesta_Nacional_BIM_2013.pdf
- Loyola, M. (2014, Enero). La difusión y masificación de BIM en la industria: el caso chileno. Consultado en: <https://www.researchgate.net/>
- Loyola, M. (2015). Encuesta Nacional BIM 2015: Informe de Resultados. Departamento de Arquitectura, Universidad de Chile. Consultado en: http://bim.uchilefau.cl/doc/Encuesta_Nacional_BIM_2016_Informe_de_Expertos.pdf
- McKinsey&Company, (2013, Noviembre). Productividad Laboral en Chile ¿Cómo estamos?.[Presentación]. Consultado en: https://irade.cl/wp-content/uploads/2013/12/Rodrigo_Alcoholado.pdf
- Macdonald, J. A. (2012, Julio). A framework for collaborative BIM education across the AEC disciplines. In 37th Annual Conference of Australasian University Building Educators Association (AUBEA) (Vol. 4, pp. 4-6).
- MacDonald, J., & Mills, J. (2013). An IPD approach to construction education. *Construction Economics and Building*, 13(2), 93-103.
- Messner, J., Holland, R., Poerschke U., Parfitt K, Pihlak M. (2011). Educating the Master Building Team: Leveraging BIM to Enable the Development of Collaborative Knowledge. *BIM in Academia*. In Deamer, P., & Bernstein, P. G. (Eds.). (2011). *BIM in Academia*. (pp. 57-67) New Haven, CT: Yale School of Architecture.
- MINSAL (2013). Bases Administrativas Generales y Especiales y Bases Técnicas de la propuesta pública "Contratación de Servicios de Desarrollo de proyecto de coordinación BIM para el Proyecto Construcción Hospital Alto Hospicio". Servicio de Salud de Iquique. Consultado en: <http://www.mercadopublico.cl/>
- MOP (2011). Formato Tipo de las Bases de Licitación para "Concesiones de Establecimientos de Salud". Santiago, Chile. Consultado en: http://www.concesiones.cl/proyectos/Documents/Hospital%20de%20Antofagasta/R_dgop_265.pdf
- Perticara, M. (2014, Agosto), ¿Cuánto deben durar las carreras universitarias? Observatorio Económico, Revista de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad Alberto Hurtado nº 85. Consultado en: <http://repositorio.uahurtado.cl/bitstream/handle/11242/6588/oe-agosto2.pdf?sequence=1>.
- Planbim, (2016, Noviembre). BIM: Estrategia Pública al 2020 [Presentación]. Consultado en: http://www.planbim.cl/presentaciones/Estrategia_Plan_BIM_Seminario_Plan_BIM.pdf