

Building Information Modeling [BIM] and learning in architectural design. Proposal for a design workshop

Alfredo Montaña Bello

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano | Colombia | alfredo.montano@utadeo.edu.co

William León Rojas

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano | Colombia | william.leonr@utadeo.edu.co

Abstract

This work presents an action-research exercise completed in a classroom as a result of the architectural design workshop experience that incorporate the Building Information Modeling - BIM methodology as a strategy for the inclusion of the technical field, as an entry condition for the formal and spatial of architecture. As a result, the workshop planning structure, learning activities developed under digital tools, performance indicators and learning results are shown. During the discussion, the findings are compared with previous studies showing glimpses of pedagogical research lines that are in tune with STEAM type educational models.

Keywords: Action Research, Architectural Design, Building Information Modeling - BIM, Implementation, Learning Methodology.

INTRODUCCIÓN

El desconocimiento del potencial de la metodología BIM en la formación de arquitectos no ha permeado suficientemente los currículos de las carreras de arquitectura en Colombia, una resistencia que se asocia al ciclo de adopción de una nueva tecnología, pero sobre todo, por una cultura arraigada al trabajo autónomo del arquitecto, sustentada en una idea más artística que científica del proyecto, enmarcada en procesos fundamentados casi exclusivamente en el valor simbólico, compositivo y representativo de la arquitectura, con reglas de estructuración y de transferencia que suelen tomar distancia de la ciencia y de los avances tecnológicos.

Si bien, no todo lo que interviene en la solución de un diseño se puede explicar objetivamente, siempre será importante que exista coherencia entre lo que el proyectista formula como solución creativa, y la calidad, pertinencia y profundidad de la información que procesa para la toma de decisiones. Se entiende por procesamiento de información, todas las acciones que adelanta convencionalmente el proyectista para la formulación del problema de diseño y su solución. La metodología BIM, se convierte en una aliada para la gestión de la información que incide en la formulación del problema y en la búsqueda de la solución del diseño, para adelantar iteraciones y optimizaciones desde la etapa de conceptualización y para organizar de manera eficiente, el flujo de trabajo, la coordinación técnica y la documentación del diseño.

La comunicación presenta un ejercicio de investigación-acción en el aula, cuyo objetivo está enfocado en las didácticas para la apropiación de la metodología BIM como proceso que potencia el desarrollo técnico y el pensamiento proyectual en arquitectura. Se presenta la experiencia del taller electivo disciplinar Arquitectura y

BIM, que forma parte del currículo del programa de Arquitectura de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano - UTADEO, espacio académico en el que se apuesta por superar algunos retos que impone la implementación de la metodología BIM en el ámbito de la enseñanza universitaria en Colombia y particularmente en su utilidad para la formación en competencias de diseño arquitectónico, específicamente en cuanto a la integración de la dimensión técnica y su incidencia en las decisiones de diseño del espacio.

EL TALLER ELECTIVO DISCIPLINAR ARQUITECTURA Y BIM

El taller electivo disciplinar Arquitectura y BIM, reúne estudiantes de cuarto año de formación (estudiantes de 7° y 8° semestre).

El taller propone la metodología de modelado de información para la construcción (Building information Modeling – BIM), como método para la formación de arquitectos con mejores competencias de diseño arquitectónico y de desarrollo técnico de los proyectos. Se emplea como excusa el desarrollo de un proyecto de arquitectura de carácter comercial, tipo *retail*, como tipología edificatoria de mediana escala que permite un desarrollo conceptual y técnico avanzado en un periodo de tiempo relativamente corto.

El ejercicio académico del taller se estructura a través de 3 proyectos cada uno desarrollado por equipos de 8 integrantes. Estos 24 integrantes simulan el trabajo colaborativo propio de la metodología BIM en cada uno de sus equipos de diseño. En la tabla 1, se muestra cada una de las especialidades que se involucran en el desarrollo de cada proyecto.

Tabla 1: Especialidades que participan en el proyecto y principales aspectos desarrollados.

Especialidad	Aspectos desarrollados
Arquitectura Comercial	Exhibición y vitrinismo
Estructura	Diseño y pre dimensionamiento
Instalaciones técnicas	Hidráulicas, sanitarias, red contra incendios, gas natural, eléctricas, voz y datos.
Construcción	Secuencia y codificación
Programación	Estimación de tiempos y recursos
Costos	Estimación de costos

El taller tiene una duración de 16 semanas y se estructura a partir de tres módulos: el módulo de proyectos, el módulo de apoyo y el módulo de comité de proyectos. En el módulo de proyectos se aborda el desarrollo teórico y práctico del proyecto desde la metodología BIM, en el módulo de apoyo se aborda el manejo de herramientas tecnológicas que sirven de soporte a la metodología y que se sintetiza en el aprendizaje e interoperabilidad de software específico asociado al modelado, la gestión y la coordinación técnica entre especialidades.

El taller propone el aprendizaje de software como Revit Architecture y algunos de sus plugins como Insight, el programa Navisworks Manage, la plataforma A360 y los programas MS-project, Ms-Excel junto con otros programas propios de la suite de Microsoft office.

Las fases de desarrollo del proyecto se pueden sintetizar en: análisis del sitio y su entorno, análisis de un programa de actividades y de sus usuarios, reflexión sobre los aspectos técnicos y de sostenibilidad, conceptualización de la forma y el espacio del proyecto con fines técnicos, estéticos y funcionales, y por último, el desarrollo técnico a través del modelado digital y la integración y coordinación de especialidades involucradas.

LA METODOLOGÍA BIM Y LA FORMACIÓN DE ARQUITECTOS

En los procesos de enseñanza aprendizaje, la práctica en el aula esta mediada por procesos de interpretación de estudiantes y profesores. Los medios y los fines de la educación están relacionados con valores y normas éticas de cada disciplina. Una de las problemáticas en la formación de arquitectos en Colombia, tiene que ver con la integración de la dimensión técnica y su incidencia en las decisiones de diseño del espacio.

Es un asunto complejo, en la medida en que tradicionalmente la dimensión técnica ha sido abordada en etapas posteriores a la conceptualización de los proyectos y como un medio para la concreción de las ideas arquitectónicas, pero los requerimientos actuales y las tendencias sobre las nuevas maneras de hacer proyectos abren el debate sobre si la dimensión técnica debe ser una condición de entrada para la producción formal y espacial de la arquitectura contemporánea.

En sintonía con el modelo de educación conocido como STEAM (acrónimo de Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), cuya implementación se ha dado en los sistemas educativos de países como Estados Unidos, Reino Unido o Finlandia, entre otros países de la Unión Europea; se ha convertido en uno de los mecanismos más importantes para que estudiantes y profesores comprendan la importancia de la integración de conocimientos, de las relaciones presentes entre las distintas áreas del saber, para la toma de decisiones desde una cultura del pensamiento científico y para la resolución de problemas a través del desarrollo de competencias de innovación, de pensamiento crítico y de pensamiento creativo.

La implantación de la metodología BIM en los procesos de enseñanza universitaria en arquitectura, en sintonía con modelos educativos tipo STEAM (Middle East Technical University (METU), University of Bologna (UNIBO), Aalborg University (AAU), 2016), y con teorías contemporáneas de gestión como Lean Construction (Pons Achell, 2014) o Integrated Project Delivery (The American Institute of Architects –AIA, 2007), se convierte en una oportunidad para fortalecer las competencias de diseño arquitectónico al incorporarlas al espacio tradicional del taller de proyectos.

Este ejercicio lleva ya varios años de experimentación y desarrollo, sobre todo en aquellos países de Europa y América del Norte, donde la implementación de la metodología ya forma parte de las políticas estatales, de las directrices académicas y de las exigencias del sector productivo.

Países como el Reino Unido (UK Government, 2015) o España (BuildingSMART Spanish Chapter, 2012), vienen construyendo una experiencia significativa alrededor de la implantación de la metodología BIM en el ámbito de la enseñanza universitaria. El panorama es bastante optimista gracias al interés entre estudiantes y profesores de distintas disciplinas que buscan la integración de saberes en entornos colaborativos que fomentan el aprendizaje por proyectos.

La metodología BIM, analizada en estudios de caso recientes (Alfaro-González, Valverde-Cantero, & Martínez-Carpintero, 2019), ha evidenciado una conciencia individual frente a las responsabilidades que conlleva formar parte de un equipo de diseño, aumentando la autonomía por la propia gestión del conocimiento, la disciplina y la responsabilidad profesional. Actividades de aprendizaje como la participación en concursos, en talleres, en el estudio de casos, la revisión de tutoriales y la consulta de literatura especializada forman parte de las estrategias de la implementación de la metodología.

No obstante, también surgen aspectos por mejorar producto de estas experiencias, la mayor implicación de profesores, la coordinación entre sesiones teóricas y prácticas, la oportunidad de trabajar y aprender de otras disciplinas involucradas en el proyecto y la experimentación práctica de conceptos BIM, siguen configurando algunos de los retos que aún está por superarse en la planeación de los currículos y en las prácticas en el aula.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy por hoy se le exige a los proyectistas de la arquitectura resultados en variables simultáneas, heterogéneas e interrelacionadas; sumadas a un alcance más amplio en función a requerimientos ineludibles en la actualidad y particularmente en el contexto colombiano, como el desarrollo sostenible, la escasez de recursos y el impacto social de la arquitectura.

Hoy ya no se proyecta un diseño, se proyecta el ciclo de vida de una entidad arquitectónica que requiere múltiples análisis, simulaciones, optimizaciones y testeos que permitan considerar la mejor opción para ser llevada a la realidad (Reyes, Cordero, & A., 2016).

La Escuela de Arquitectura y Hábitat de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, abrió un espacio de investigación-acción en el aula a través de la planeación, desarrollo y seguimiento del taller Arquitectura y BIM. La investigación-acción como modelo de investigación pedagógica asume como hipótesis, que la implementación de la metodología de modelado de información para la edificación (BIM) en el proceso de formación de los futuros arquitectos, permite la integración de la dimensión técnica como condición de entrada para la producción formal y espacial de la arquitectura, al tiempo que fortalece el pensamiento proyectual, entendido como una concepción contemporánea del diseño fundamentada en las implicaciones del ciclo de vida del proyecto, como capacidad necesaria para el desarrollo de diseños arquitectónicos de alto desempeño.

Como dimensión técnica, se entiende la apropiación de la noción de ciclo de vida del proyecto para definir la integración de los distintos sistemas, componentes y materiales que determinan la espacialidad y la funcionalidad del proyecto, que si bien se definen en la etapa de diseño, implican un desempeño técnico, ético, ambiental y cultural esperado en las etapas de construcción y de operación, para lo cual es necesario adelantar un modelo de gestión de la información frente a estos múltiples aspectos que le permita a los estudiantes formarse como mejores proyectistas.

Esta dimensión técnica se relaciona con el componente tecnológico de la disciplina y con el manejo y la innovación tecnológica, campos de desempeño que forman parte de las características específicas de calidad en la formación de los programas de pregrado en arquitectura, propuestos por el Ministerio de Educación de Colombia (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2003).

En este sentido, el taller busca fortalecer la capacidad para definir e interpretar los aspectos técnicos necesarios para un diseño de calidad, una eficiente construcción, un razonable mantenimiento y un buen desempeño de operación de proyectos de arquitectura desde una perspectiva ética, ambiental y cultural. Para ello el taller se plantea cuatro objetivos específicos de aprendizaje que se relacionan en la tabla 2.

Tabla 2: Objetivos específicos de aprendizaje propuestos para el taller.

Objetivos específicos de aprendizaje
1 Evaluar hipótesis proyectuales iniciales con base en el análisis de datos y de aspectos tridimensionales de un modelo digital.
2 Integrar criterios y parámetros desde distintas especialidades para la toma de decisiones de diseño, teniendo en cuenta temas de sostenibilidad económica, ambiental y social para todo el ciclo de vida del proyecto.
3 Analizar parámetros de información para definir especificaciones técnicas de materiales, componentes y sistemas técnicos.
4 Organizar componentes y sistemas de distintas especialidades involucradas en el proyecto a través del modelo digital y así optimizar el diseño espacial propuesto.

Para evaluar estos objetivos de aprendizaje, se realizó un seguimiento a la planeación y ejecución de las actividades de aprendizaje del taller durante cerca de dos años y los resultados de esta evaluación fueron obtenidos a través de la metodología de investigación-acción aplicada.

METODOLOGÍA: LA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN EN EL AULA

La investigación –acción tiene su fundamento epistemológico en la reflexión en la acción (Latorre Beltrán, 2003). Como modelo de investigación pedagógica, promueve el mejoramiento continuo de las actividades de aprendizaje, a partir de la revisión de su implementación en el aula y de su mejoramiento continuo a través de una espiral de ciclos iterativos.

La investigación-acción aplicada se desarrolló en 4 momentos. El momento 1 corresponde a la planeación inicial del taller que se desarrolló durante el periodo académico 2019 1s, el segundo momento corresponde al taller que se desarrolló durante el periodo académico 2019 2s, el tercer momento corresponde al taller que se desarrolló durante el periodo académico 2020 1s y el cuarto momento corresponde a la última retroalimentación del taller y a la planeación del taller del periodo académico 2020 2s.

La investigación-acción, se estructura a partir del flujo de trabajo propuesto al grupo de estudiantes, los cuales simulan el trabajo de una agencia de arquitectura que recibe un encargo declarado y ejecutado a través de un Plan de Ejecución BIM específico (BIM Execution Plan - BEP). El ejercicio de diseño sirve de excusa para evidenciar la pertinencia de las didácticas propuestas para la implementación de la metodología BIM y la evaluación de su impacto en los procesos de diseño arquitectónico.

MUESTRA DE PROYECTOS

Para el desarrollo de la investigación-acción se trabajó con proyectos desarrollados por dos grupos de estudiantes. Cada grupo se divide en 3 subgrupos de proyecto, cada uno con 7 u 8 integrantes de acuerdo a las especialidades involucradas en el ejercicio, para un total de 6 proyectos evaluados en 1 año de trabajo. En la tabla 3 se relacionan los proyectos desarrollados en cada uno de los momentos descritos.

Tabla 3: Proyectos analizados en el proceso de investigación – acción en el aula.

Proyecto	Tema	Momento
01 Men's	Tienda de ropa masculina	2
02 Arhora	Tienda de Cacao	2
03 Unik	Tienda de perfumes	2
04 On Time	Tienda de relojes	3
05 Ki'Sense	Tienda de Cacao	3
06 Adventure time	Tienda de ropa infantil	3

RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Para la investigación-acción se obtuvieron datos cualitativos y cuantitativos, gracias a los siguientes instrumentos:

Matrices de valoración y de observación de desempeño: Se emplearon rúbricas de evaluación que permitieron establecer los criterios y las escalas de valoración de las evidencias de aprendizaje y su relación con los objetivos de aprendizaje que propone el taller. El instrumento permitió analizar el desempeño de cada equipo y de cada integrante en cada uno de los momentos propuestos en el diseño de la investigación.

Entrevistas con estudiantes: En cada uno de los comités de proyecto se realizaron entrevistas estructuradas a los estudiantes, estas quedaron grabadas y permitieron su posterior análisis. Este instrumento permitió analizar la pertinencia de las actividades propuestas, como base para su posterior ajuste.

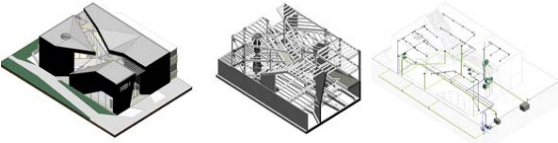
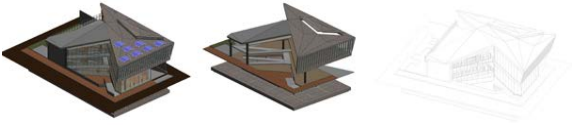

Grabaciones audiovisuales: Para el momento 3 y 4 la cuarentena obligatoria producto de la pandemia por Covid-19 llevó a adelantar sesiones sincrónicas con ayudas tecnológicas y de manera remota, esta condición permitió disponer de un registro digital detallado de cada sesión y la posibilidad de observar y analizar otras facetas del proceso de enseñanza – aprendizaje.


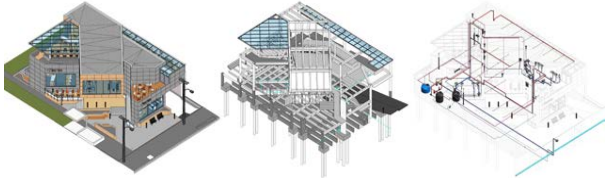
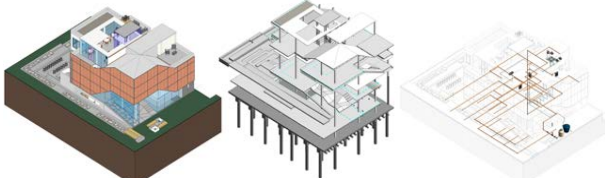
Observaciones participativas en el aula: durante el proceso se tomaron notas sobre los logros obtenidos y las dificultades manifestadas por los estudiantes frente a la construcción de sus evidencias de aprendizaje, tanto individuales como grupales. Este instrumento permitió la evaluación de las actividades y sus efectos en la planeación subsiguiente de la asignatura.

5. RESULTADOS

Aunque la investigación –acción tuvo en cuenta el desarrollo de los cuatro objetivos de aprendizaje propuestos, para efectos de la presente comunicación se decidió presentar los resultados de seguimiento al objetivo número 4. Los resultados se sintetizan en la tabla 4, donde se relaciona, en función del objetivo de aprendizaje propuesto, las actividades, las evidencias y la evaluación de las actividades a partir de las evidencias recolectadas en cada uno de los cuatro momentos del proceso de investigación-acción. Después del primer momento, el de planeación inicial, cada momento es retroalimentado por la experiencia anterior y se produce un ajuste a las actividades propuestas para el siguiente momento de aplicación.

Tabla 4: Resultados del proceso de investigación-acción para el objetivo 4. Organizar componentes y sistemas de distintas especialidades involucradas en el proyecto a través del modelo digital y así optimizar el diseño espacial propuesto.

Momento	Proceso Investigación - acción	Resultado
01	Planeación de actividades de aprendizaje	A través de un ejercicio de modelado, el estudiante realiza la integración del modelo de arquitectura con el modelo de estructura.
	Evidencias de aprendizaje esperadas	Modelo digital integrando arquitectura y estructura.
	Evaluación de las actividades de aprendizaje	El ejercicio le permite al estudiante aprender sobre integración entre arquitectura y estructura en el proyecto
<hr/>		
02	Ejecución 1 de actividades de aprendizaje	A través de un paso a paso, el estudiante realiza la integración de modelos digitales de todas las especialidades involucradas
	Evidencias de aprendizaje Proyecto 1 (Figura 1)	
		
	Evidencias de aprendizaje Proyecto 2 (Figura 2)	
		
	Evidencias de aprendizaje Proyecto 3 (Figura 3)	
		
	Evaluación de las actividades de aprendizaje	
	El ejercicio le permite al estudiante aprender sobre integración de sistemas. Se ve potencial de las herramientas digitales para hacer más análisis frente a integración de más sistemas y coordinación técnica entre ellos.	

Momento		Proceso Investigación - acción	Resultado
03	Ejecución 2 de actividades de aprendizaje	A través de un paso a paso, el estudiante realiza la integración de modelos digitales de todas las especialidades involucradas	
	Evidencias de aprendizaje Proyecto 4 (Figura 4)		
		Figura 4: Modelos desarrollados proyecto ON TIME.	
04	Evidencias de aprendizaje Proyecto 5 (Figura 5)		
		Figura 5: Modelos desarrollados proyecto KI'SENSE.	
	Evidencias de aprendizaje Proyecto 6 (Figura 6)		
		Figura 6: Modelos desarrollados proyecto ADVENTURE - TIME.	
	Evaluación de las actividades de aprendizaje	El ejercicio le permite al estudiante aprender sobre coordinación técnica entre los componentes de cada sistema, lo que le permite optimizar las decisiones de diseño y evaluar la pertinencia y funcionalidad del diseño desarrollado. Se ve potencial de las herramientas digitales para realizar por lo menos una iteración de optimización del diseño.	
	Retroalimentación actividades de aprendizaje	A través de un paso a paso, el estudiante realiza la integración de modelos digitales de todas las especialidades involucradas, las evalúa y las optimiza en una nueva versión.	
04	Evidencias de aprendizaje esperadas	Modelos digitales integrados, registro de detección de interferencias y registro de soluciones optimizadas adoptadas.	
	Evaluación de actividades de aprendizaje	El ejercicio le permite al estudiante aprender sobre coordinación técnica entre los componentes de cada sistema, lo que le permite optimizar las decisiones de diseño y evaluar la pertinencia y funcionalidad del diseño desarrollado. El ejercicio le permite al estudiante realizar por lo menos una iteración de optimización del diseño.	

DISCUSIÓN

Los hallazgos del ejercicio de investigación-acción llevado a cabo, se correlacionan con hallazgos de otros estudios de caso en cuanto al potencial que tiene la metodología para fortalecer competencias de diseño, pero sobre todo, para la configuración de un entorno colaborativo de aprendizaje (Alfaro-González, Valverde-Cantero, & Martínez-Carpintero, 2019).

La apropiación de la noción de ciclo de vida del proyecto para pensar e integrar un alto volumen de información y de decisiones técnicas, desde edades tempranas del diseño, permite facilitar el posterior desarrollo y coordinación entre los distintos sistemas, componentes y materiales que determinan la espacialidad y la funcionalidad de cada proyecto.

Los estudiantes manifestaron su comprensión frente a la nueva importancia que cobra la etapa de diseño, implicando un desempeño técnico, ético, ambiental y cultural esperado para las posteriores etapas de construcción y de operación, para lo cual el modelo de gestión de la información que provee la metodología BIM permite confrontar simultáneamente los múltiples aspectos que retan a los estudiantes a formarse como mejores proyectistas.

Las evidencias de aprendizaje se construyen en un trabajo soportado 100% en medios digitales, los entornos comunes de información, que alojan datos gráficos y no gráficos del proyecto, le permiten a los estudiantes construir sus propias categorías de análisis y tomar decisiones bajo la lectura crítica de todo un equipo.

No obstante, el ejercicio de taller que se presenta también plantea limitaciones frente a la posibilidad de profundizar en el intercambio de conocimiento desde cada especialidad, valor agregado muy importante de la metodología BIM, dado que la base de conocimiento del ejercicio se construye desde la perspectiva de la arquitectura, por lo que la posibilidad de incluir especialistas o estudiantes en formación de otras disciplinas, sería un aspecto ideal para lograr un entrenamiento más cercano a la realidad de un equipo de diseño profesional.

La metodología de la investigación-acción, permite evaluar la pertinencia de las actividades planeadas al ser confrontadas con la práctica en el aula, con las evidencias de aprendizaje construidas por cada equipo y con el desempeño evaluado en los estudiantes a través del tiempo, que en últimas, permite corroborar la hipótesis planteada para el taller, en cuanto a la implementación de la metodología de modelado de información para la edificación (Building Information Modeling -BIM), como un camino apropiado para la inclusión de la dimensión técnica como condición de entrada para la producción formal y espacial de la arquitectura contemporánea.

CONCLUSIONES

En los resultados presentados se evidencia la manera como se ha mejorado progresivamente la planeación pedagógica del taller a través del ajuste de las actividades de aprendizaje propuestas, ajustes que se ven reflejados

en los indicadores de desempeño de los estudiantes y en la mejora de la calidad de las evidencias de aprendizaje construidas por ellos a lo largo del desarrollo de la investigación-acción. Los resultados implican un proceso de reflexión sobre las prácticas en el aula y la importancia de cuestionarse constantemente sobre cómo se aproximan los estudiantes de arquitectura hacia la complejidad del proyecto.

El ejercicio de planeación del taller planteaba como hipótesis, que la inclusión de una metodología como lo es el modelado de información para la edificación (Building Information Modeling -BIM), podía ayudar a resolver la inclusión de la dimensión técnica como condición de entrada para la producción formal y espacial de la arquitectura.

Cada equipo de proyecto construyó, desde edades tempranas, argumentaciones para la toma de decisiones fundamentadas en el análisis de la información, las simulaciones y el testeo de resultados en el modelo digital de información construido para el proyecto. Las evidencias de aprendizaje construidas por los estudiantes mostraron un alto contenido técnico, producto del intercambio de información entre las especialidades involucradas en cada proyecto. En este sentido, puede hablarse de una coherencia entre la hipótesis planteada y los resultados obtenidos a través del ejercicio de investigación-acción adelantado.

El modelo de evaluación basado en el desempeño (Miller, Linn L., & Gronlund, 2009, pág. 260), modelo de evaluación común en los talleres de diseño arquitectónico, evalúa tanto el resultado de aprendizaje (diseño) como el proceso (metodología). En el ejercicio de investigación-acción presentado se enfatiza en la aplicación práctica del diseño bajo condiciones muy cercanas a la realidad. Tareas como construir el modelo digital con criterios y parámetros propios de un contexto real, compilar, analizar y evaluar datos técnicos para la toma de decisiones creativas, entre otras actividades, sugiere que la calidad del resultado está íntimamente ligado al proceso con el que se construyó.

La metodología Building Information Modeling- BIM, en sintonía con modelos educativos STEAM, promueve y estimula la interacción con personas y conocimientos de otras disciplinas, lo que genera conciencia sobre campos de conocimiento específicos como la arquitectura y la importancia de ésta en la configuración del proyecto. En el caso del arquitecto, el diseño arquitectónico es producto de un conjunto de decisiones sobre un número cada vez mayor de variables en las que median múltiples determinantes y condicionantes, pero que gracias a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, se hacen en su mayoría visibles y por ende manejables, medibles, y verificables en cada fase del proyecto.

La cuarentena obligatoria producto de la pandemia por Covid-19 llevó a observar y analizar otras facetas del proceso de enseñanza – aprendizaje. El ejercicio desarrollado hizo aún más evidente la importancia de las tecnologías de la información y la comunicación y el uso e interoperabilidad de un ecosistema de software al servicio del proyecto. Fue también evidente el aporte de esta metodología para un adecuado trabajo colaborativo

remoto, con resultados importantes de aprendizaje, comparados con las evidencias construidas con los medios tradicionales de trabajo en el aula.

En síntesis, el modelo propuesto de taller, contribuye a superar los retos que impone la implementación de una metodología contemporánea para el desarrollo de proyectos bajo la óptica del ciclo de vida de la entidad que se diseña. Este tipo de ejercicios son una oportunidad para mejorar la competencia de diseño arquitectónico en la medida en que el estudiante se enfrenta a información de nuevas variables, complejas y heterogéneas, que comúnmente no se abarcan en los talleres de diseño convencionales y le invitan a desarrollar su pensamiento crítico para la toma de decisiones y las consecuentes estrategias y operaciones a aplicar en el diseño.

REFERENCIAS

- Alfaro-González, J., Valverde-Cantero, D. C.-M., & Martínez-Carpintero, J. Á. (2019). Aprendizaje en formato plano. Otros métodos de implantación BIM en educación universitaria. *EUBIM 2019. Congreso Internacional BIM*. (pág. 348). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- BuildingSMART Spanish Chapter. (17 de 12 de 2012). *BuildingSMART*. Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/>
- Latorre Beltrán, A. (2003). *La investigación - acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Brasilia: Grao.
- Middle East Technical University (METU), University of Bologna (UNIBO), Aalborg University (AAU). (15 de 12 de 2016). *ARCHISTEAM*. Obtenido de <http://www.archisteam.com/>
- Miller, M. D., Linn L., R., & Gronlund, N. (2009). *Measurement and Assessment in Teaching*. New Jersey: Pearson.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (13 de Noviembre de 2003). Resolución 2770 de 2003. *Por la cual se definen las características específicas de calidad para los programas de pregrado en Arquitectura*. Bogotá, Bogotá, Colombia: MinEducación.
- Pons Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.
- Reyes, A. M., Cordero, P., & A., C. (2016). *BIM: diseño y gestión de la construcción*. Madrid: Anaya Multimedia.
- The American Institute of Architects –AIA. (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide*. Los Ángeles: California: AIA Council.
- UK Government. (2015). *Digital Built Britain. Level 3 Building Information Modelling - Strategic Plan*. Londres: HM Government.