

Repensar el trabajo multidisciplinar en el diseño de un objeto arquitectónico. Propuesta de metodología de trabajo entre diseñadores estructurales y arquitectos como transición hacia una metodología BIM en Guatemala

Manfredo Corado López ⁽¹⁾, César Paiz Paz ⁽²⁾ y Andrés García Valdez ⁽³⁾

Resumen: El diseño de un objeto arquitectónico o edificio, no importando su escala o uso, conlleva un proceso de diseño que va desde el pre diseño, anteproyecto y desarrollo de diseño para la generación de planos constructivos. Estas fases están compuestas por reiteradas iteraciones de diseño y procesos colaborativos e interconectados con diversas disciplinas, una de las más importantes es la comunicación entre dos diseñadores, el arquitecto y el diseñador estructural.

En la actualidad existen herramientas y metodologías para poder llevar a cabo una mejor comunicación y desarrollo del proyecto, como las BIM (Building Information Modeling) que busca generar la integración de profesionales y expertos en diferentes disciplinas para trabajar con modelos virtuales de forma coordinada e inteligente.

La implementación de esta metodología requiere un cambio de paradigma en la forma de trabajo de las diferentes disciplinas involucradas en el diseño del objeto, para ello se plantea una metodología de trabajo que permita generar una transición amigable hacia un trabajo interdisciplinar del diseñador estructural y el arquitecto.

Se presenta una exploración al flujo y esquema de trabajo entre diseñadores estructurales y arquitectos, por medio de la presentación del diseño objetos arquitectónicos reales y de infraestructura, como casos de estudio. Haciendo énfasis en la tecnología y herramientas digitales que facilitan el trabajo remoto entre disciplinas con mejor comunicación, generando una eficiencia en optimización de recursos, flexibilidad y adaptabilidad del diseño.

Palabras clave: Arquitectura - Diseño estructural - Diseño Colaborativo - Trabajo Multidisciplinar - Trabajo Remoto - BIM - Global y Local.

[Resúmenes en inglés y portugués en las páginas 207-208]

⁽¹⁾ Magister en Proyecto Urbano (Pontificia Universidad Católica de Chile). Director del programa de Arquitectura (Universidad Rafael Landívar). Arquitecto y urbanista, ha realizado investigaciones y proyectos académicos que involucran metodologías participativas y multidisciplinarias generando propuestas y directrices de diseño en proyectos de escala urbana.

⁽²⁾ Magister en Ingeniería Estructural y Geotecnia (Pontificia Universidad Católica de Chile) Profesor de posgrado Maestría en Estructuras (Universidad San Carlos de Guatemala). Ingeniero y diseñador. Beca KIZUNA Project Scholarship.

⁽³⁾ Magister en Diseño estructural (Pontificia Universidad Católica de Chile). Profesor (Universidad Rafael Landívar). Ingeniero y diseñador estructural.

Introducción

El diseño de un espacio habitable siempre ha sido una tarea de carácter multidisciplinar con reiteradas iteraciones entre los diseñadores y especialistas involucrados. Si bien todos ellos trabajan en un mismo proyecto en común, usualmente en los métodos tradicionales de diseño, cada uno de ellos lo hace de forma independiente, en diferentes espacios de trabajo los cuales son poco permeables, respecto a procesos, entregables y herramientas de diseño. Todo esto ha generado una fragmentación en el sector de la arquitectura, ingeniería y construcción (Muñoz-La Rivera et al., 2019, p. 2).

En la actualidad, el avance en la tecnología y *software* hace posible la metodología de diseño BIM *Buidling Information Modeling* que se basa en un objeto como modelo digital con la capacidad de almacenar la información de cada uno de los diseñadores. Creando un espacio compartido de recurso e información centralizada, el cual es valioso para la toma de decisiones respecto a diseño y detección de colisiones de diseño entre disciplinas. La metodología BIM ha abierto nuevas posibilidades al mundo del diseño multidisciplinar ya que presenta grandes beneficios en comunicación, tiempo y eficiencia. En países desarrollados esta metodología es bastante utilizada y normada. Sin embargo, presenta un cambio de paradigma respecto al método de diseño tradicional.

Este artículo presenta una breve historia del diseño entre la arquitectura e ingeniería estructural, el impacto que ha tenido la tecnología y el software a la largo del tiempo en estos procesos de diseño y, por medio de un caso de estudio, se expone una propuesta de metodología de transición de un diseño tradicional a una metodología BIM con procesos de diseño multidisciplinarios. Se exploran los beneficios que se obtuvieron con el caso de estudio, incluyendo la posibilidad y experiencia obtenida con esta metodología respecto al trabajo remoto.

Se concluye con una exploración de las posibilidades que genera esta metodología especialmente en un contexto de pandemia haciendo posible, por medio de herramientas virtuales, una comunicación más eficiente, sincronizada y mejores procesos colaborativos de diseño entre diferentes disciplinas trabajando de forma remota. Estos avances significativos en el diseño invitan a la reflexión sobre qué competencias y ejercicios metodológicos pueden fomentar las disciplinas de diseño en su formación universitaria, preparando a los profesionales para diseñar un mejor futuro; a partir de procesos más eficientes en el diseño de objetos arquitectónicos.

Historia del diseño entre arquitectura e ingeniería estructural

El diseño de un objeto arquitectónico o edificio, no importando su escala o uso, conlleva un proceso de diseño multidisciplinar que involucra a una importante cantidad de diseñadores y especialistas, entre ellos los arquitectos y los diseñadores estructurales.

Por muchos años, previos al desarrollo de programas y software como apoyo de diseño, los arquitectos y diseñadores estructurales han utilizado los dibujos y planos 2D como plantas, secciones y elevaciones, como el recurso básico y esencial para poder plasmar y consolidar el diseño de un edificio. En estos planos se describen las dimensiones, distribuciones, usos de espacio, materiales, elementos estructurales, acabados, especificaciones técnicas y toda aquella información relevante al objeto arquitectónico. El conjunto de estos planos y dibujos se convierten en el manual para construir un edificio.

En este método clásico y tradicional de diseño, tanto los arquitectos como diseñadores estructurales trabajan en los dibujos y planos de forma independiente, usualmente cada una de las disciplinas en distinta oficina, con diferentes estándares, procesos, entregables y maneras de comunicar el diseño. Por ejemplo, el arquitecto suele hacer uso de vistas 3D y perspectivas para comunicar su diseño y respecto a los planos arquitectónicos, estos buscan transmitir la distribución espacial mostrando todo lo que está en la superficie realizando un corte imaginario al edificio a la altura de un metro. Mientras que, los diseñadores estructurales comunican su diseño por medio de detalles estructurales y sus planos, en contraste, buscan mostrar lo que está debajo del suelo pues su objetivo es comunicar cómo el edificio está soportado por elementos estructurales (Czmoch & Pękala, 2014, p. 211).

Con el apoyo de la tecnología en la década de los ochentas y la llegada de software como AutoCAD, los procesos de diseño se modernizan, generando la posibilidad de dibujar por medio de herramientas digitales. En ese momento se genera la oportunidad para que los diferentes equipos disciplinares inicien la comunicación de información de diseño por medio de dibujos en formato digital y se empiezan a utilizar las capas o *layers* producidos por cada uno de los especialistas y diseñadores, como base de la comunicación de información entre diseñadores, en donde usualmente la capa de diseño arquitectónico es utilizada como la capa de base o referencia para los otros equipos de diseño, como el de ingeniería estructural.

Esta colaboración de información brinda una oportunidad para detectar cambios y ajustes en los dibujos. Sin embargo, esta detección, visualización y coordinación es un proceso manual y la información del objeto y proyecto aún se encuentra fragmentada en el archivo digital de cada uno de los especialistas y diseñadores (Robinson, 2007, 523).

La fragmentación de información según cada diseñador involucrado en el proyecto genera dificultades en la coordinación del proyecto de forma integral. El material base sigue siendo una colección de dibujos en 2D que están compuestos por líneas y textos que contienen la información de cada disciplina. Sin embargo, por estar distribuida en diferentes planos y no estar vinculada directamente o centralizada, se corre el riesgo de duplicar información y encontrar elementos que causen conflicto, por ejemplo, un elemento estructural que modifica la distribución arquitectónica planteada. Surge entonces, la necesidad de centralizar la información de cada diseñador de una forma más eficiente.

Introducción del diseño basado en metodología BIM Building Information Model

BIM puede ser definido como Modelado de Información de Construcción o Building Information Modeling, por sus siglas en inglés. Es un modelo virtual 3D que contiene los elementos constructivos y piezas con todas las características físicas y lógicas, incluyendo la información suficiente y requerida para poder construirse físicamente. Según publicaciones de McGraw Hill define BIM como: “El proceso de crear y usar modelos digitales para el diseño, construcción y operación de proyectos” (W Young Jr. et al., 2009, p. 4).

Esta metodología genera una mejor comunicación y desarrollo del proyecto, busca generar la integración de profesionales y expertos en diferentes disciplinas para trabajar con modelos virtuales de forma coordinada e inteligente. Los archivos BIM, además de ser diseñados en conjunto, almacenan información fundamental para la toma de decisiones por medio de un método estandarizado entre los diseñadores. De esta forma, facilita la visualización y mejora la colaboración entre las diferentes disciplinas (Jung et al., 2018, p. 21). Para generar los estándares de información, instituciones como el Instituto Americano de Arquitectos, AIA por sus siglas en inglés, han determinado y reconocido Niveles de Desarrollo del Modelo BIM, *LOD Level of Development*, los cuales se describen a continuación:

- LOD 100 Conceptual
- LOD 200 Geometría aproximada
- LOD 300 Geometría precisa
- LOD 400 Fabricación
- LOD 500 Planos constructivos *As-built*

Algunos de los más grande beneficios del uso de la metodología BIM es la comunicación efectiva entre los diferentes diseñadores del proyecto y también la detección de colisiones según diseño de cada disciplina, definidas como: dos elementos ocupando el mismo sitio, la detección de estas colisiones era una de las tareas a realizar manualmente en el trabajo interdisciplinar con los métodos tradicionales de diseño. En ese entonces, las colisiones se encontraban con la ayuda de colocar los planos de diferentes disciplinas uno con otro. Con la introducción del CAD, fue más fácil visualizar las colisiones, usualmente colocando la información de cada diseñador en capas de distinto color. Sin embargo, el trabajo continuaba siendo manual. La metodología BIM por otro lado utiliza algoritmos para encontrar esas mismas colisiones, generando un ahorro significativo de tiempo y recursos durante el proceso de diseño (Ver Figura 1).

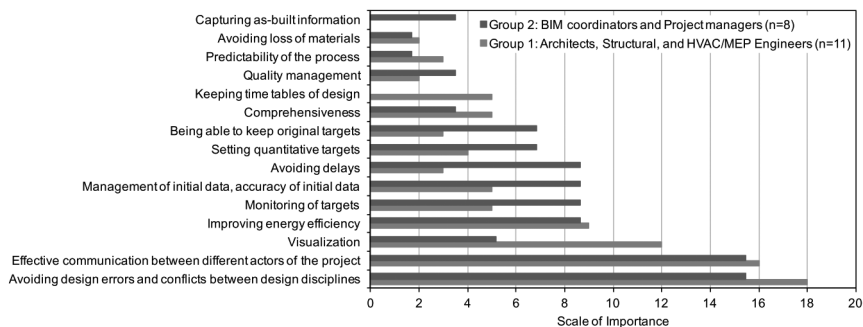


Figura 1. Beneficios de utilizar BIM en proyectos según Coordinadores BIM y según Arquitectos, Diseñadores estructurales y especialistas. Fuente: Jung et al., 2018, p. 33.

Nuevas formas de comprender el diseño multidisciplinar

Según autores como Lancaster y Tobin, se refieren al cambio de CAD a BIM cómo algo que ha provocado los efectos e impactos más grandes en el proceso de diseño colaborativo, BIM es una nueva manera de concebir y comprender el diseño de un objeto arquitectónico o edificio (Lancaster & Tobin, 2010, p. 2815).

Reconociendo el impacto positivo, la AIA ha definido los IPD como la Guía de Entregable para Proyecto Integrado el cual busca integrar a las personas involucradas en el diseño, los sistemas, las estructuras de negocio y prácticas de cada uno en un proceso colaborativo que por medio del conocimiento de cada uno de los diseñadores, se optimice cada fase de diseño del proyecto.

Los impactos y posibilidades que generan en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción, representan un cambio de paradigma de la concepción de los proyectos de diseño, permitiendo el desarrollo de una modelo virtual para cada una de las fases de ciclo de vida del proyecto, mejorando el trabajo colaborativo multidisciplinar y los niveles de eficiencia por medio de una integración principalmente de los arquitectos e ingenieros. Relación caracterizada con metodologías previas por la fragmentación y aislación de información (Muñoz-La Rivera et al., 2019, p. 1).

Diseño BIM a escala global

Debido a los grandes beneficios de la metodología BIM, algunos de los países desarrollados han adoptado esta metodología y liderado la iniciativa enfocándose en diversas accio-

nes. Por ejemplo, en Estados Unidos, la Administración General de Servicios (GSA) adoptó la metodología para proyectos del sector público y creó una serie de guías y manuales para llevarlo a cabo. En el Reino Unido se han hecho grandes esfuerzos para implementar una estrategia que incremente el uso de BIM desde el 2016. En Noruega, el gobierno y la industria de la construcción han promovido activamente el uso de la metodología BIM, donde se hicieron las primeras implementaciones en 2007 y, a partir de 2010, se incluyó en las universidades. Por su parte, Finlandia ha realizado proyectos pilotos desde 2001 y, a partir de 2007, se convirtió en requerimiento para proyectos nuevos (Seglías & Greenhall, 2012, 19).

Diseño BIM a escala local

La implementación de esta metodología requiere un cambio de paradigma en la forma de trabajo de las diferentes disciplinas involucradas en el diseño del objeto y la colaboración de diferentes sectores como gubernamentales, privado y académico. A pesar de que los beneficios son notables en términos de eficiencia y el uso de la metodología BIM continua creciendo, no todos los países y ciudades han adoptado esta metodología e iniciado a generar estándares y guías de diseño para el manejo de información colaborativa y multidisciplinar.

Algunas de las razones pueden ser el alto costo de implementación debido a la compra de hardware y software. También, considerar que la idea es que varios diseñadores puedan hacerlo en un mismo modelo. Sin embargo, cada diseñador necesita un espacio físico y equipo, además de considerar el servidor donde se almacena la información y el valor del software. Por otro lado, también la falta y costo de la educación en el diseñador, la formación en el uso del software y de la metodología BIM puede ser lenta y representa una inversión considerable. Además, para que sea realmente efectivo, el equipo completo de diseñadores debe estar capacitado al mismo nivel de manejo de la herramienta, de lo contrario no habrá crecimiento en la eficiencia (Czmoch & Pękala, 2014, p. 214).

En el caso de Guatemala aún no existe normativa específica o documento oficial respecto a la estandarización de información para el uso de metodología BIM. Sin embargo, cada vez más oficinas de arquitectura y diseño empiezan a utilizar software y metodología BIM.

Propuesta de metodología como transición hacia un diseño BIM

Para la colaboración entre el arquitecto y el diseñador estructural, el modelo BIM facilita de forma notable los procesos de diseño, permitiendo a ambas disciplinas trabajar en el mismo modelo desde una etapa temprana de diseño. Utilizar el modelo BIM permitiría a los ingenieros estructurales visualizar y compartir información con el resto de diseñadores, generando una verdadera colaboración multidisciplinar (Robinson, 2007, p. 524).

02. ORDEN de DOCs.

Cada proyecto tiene su folder en específico en el Drive. Organizado en:

- 01. Proyectos**
- Año: 2019 - 2020**
- Cliente**
- Cod_Nombre**

La carpeta del proyecto debe contener las siguientes carpetas:

01. Recibidos

- 01. Revit
- 02. PDFS
- 03. DWG
- 04. Renders

02. Dibujo

- 01. Revit
- 02. Carpetas con nomenclatura:
ES_CHA_04-28_V01

03. Cálculo estructural

- 01. Modelo ETABS
 - 11. Carpetas con nomenclatura:
ETABS_CHA_04-28_V01
- 02. Información estructural
 - 21. Carpetas con nomenclatura:
01.CHA_Esquemas cimentación_V01
- 03. Memorias de cálculo
 - 01. Referencias
 - 02. InDesign
 - 03. PDF
 - Memoria de Cálculo - Casa HA

04. Entregas

- 01. Entrega con nomenclatura:
ES_CHA_04-28_ENTREGA
Con las siguientes carpetas adentro
- 01. DWG**
- 02. REVIT**
- 03. PDF**

05. Entrega Final

- 01. Entrega final con nomenclatura:
ES_CHA_04-28_ENTREGA FINAL
Con las siguientes carpetas adentro

01. DWG

02. REVIT

03. PDF

04. Memoria de cálculo

- ZIP DE carpetas adjuntas

ES_CHA_04-28_V01			
1	2	3	4
1. Modelo Estructural			
2. Tres iniciales del proyecto. Casa Herman Aguirre			
3. Fecha. Primero mes luego día. sin año			
4. Versión del proyecto.			

NOTAS:

- Siempre en entrega final se deja el último paquete. En caso de modificaciones, se traslada la carpeta de entrega anterior a Dibujo y se le agrega: Entrega 1_ al final.
ES_CHA_04-28_V01_Entrega 1_

- En caso de ser proyecto en revit BIM 360, no es necesario generar carpetas de dibujo, revit.

- Para entregas preliminares, se guardan en dibujo con el siguiente nombre: ES_CHA_04-28_V01 - Entrega preliminar, con las carpetas correspondientes de
01. DWG
02. REVIT
03. PDF

- Siempre dejar subido al final de un proyecto (o en su proceso) la información de esquemas estructurales en la carpeta de 02. Información estructural, para que no este solo registrado en ASANA.

Figura 2. Manual para especificaciones del método de traslado, organización y desarrollo de información. Fuente: Elaboración propia.

Un modelo arquitectónico en 3D puede ser modificado en tiempo real por ambas disciplinas, generando un flujo de trabajo multidisciplinar dinámico y eficiente, incluso sin necesidad de estar presentes en el mismo lugar físicamente. Debido a que no existe alguna metodología oficial en nuestro contexto, se da la oportunidad para que equipos de diseño generen sus propios manuales y sistematicen sus procesos de diseño e información, para crear una transición a una metodología BIM. Autores como Muñoz-La Rivera, explican que en oficinas de diseño estructural, para la implementación de una metodología BIM se necesita un plan de implementación, definición de roles, equipo y la creación de protocolos BIM, entre otras cosas (Muñoz-La Rivera et al., 2019). Para ello, se desarrolló una metodología de trabajo que permita generar una transición amigable hacia un trabajo interdisciplinar del diseñador estructural y el arquitecto. Como parte del proceso de implementación de metodología BIM se propuso la generación y uso de protocolos BIM con la descripción de la ubicación, nombres y manejo de información en modelos virtuales (Ver Figura 2).

De esta forma, se presenta una exploración al resaltado del flujo y esquema de trabajo colaborativo entre diseñadores estructurales y arquitectos, por medio de la presentación del diseño de un objeto arquitectónico real, como casos de estudio. Haciendo énfasis en la tecnología y herramientas digitales que facilitan el flujo de trabajo remoto entre disciplinas con mejor comunicación, generando una eficiencia en optimización de recursos, flexibilidad y adaptabilidad a lo largo del proceso de diseño.

Caso de estudio, edificio de mediana altura

El caso de estudio es un edificio para estacionamientos y oficinas ubicado en la Ciudad de Guatemala. El proceso de diseño del edificio se realizó por medio de un modelo virtual BIM de forma colaborativa entre arquitectura y diseño estructural. Para ello, cada equipo de diseño, tanto arquitectura como ingeniería estructural utilizaron un mismo modelo digital y protocolo para la integración de información desde la etapa del concepto del diseño, depositando información relevante en el modelo respecto a su forma y diseño, la cual brindó la posibilidad de generar propuestas y soluciones estructurales de forma coordinada con la propuesta de diseño arquitectónico consolidando el diseño del proyecto de forma colaborativa (Ver Figura 3).

La experiencia obtenida por medio del trabajo colaborativo del equipo encargado del diseño arquitectónico y el diseño estructural de forma coordinada, en tiempo real sobre un mismo modelo, reveló la gran ventaja para resolver retos formales o estructurales del objeto arquitectónico. A continuación se describen las iteraciones de diseño multidisciplinar más relevantes del proyecto.

El contar con el modelo virtual en tres dimensiones, permitió visualizar en una etapa temprana del diseño el reto a resolver para lograr una funcionalidad en los elementos estructurales que sostengan el objeto y la circulación vertical del edificio, ya que en su propuesta inicial, las vigas del edificio colisionaba con el recorrido y descanso del usuario en el módulo de gradas (Ver Figura 4). El modelo permitió la comprensión del planteamiento arquitectónico de forma eficiente y clara, lo cual ayudó a generar la solución estructural de forma rápida.

Por otro lado, la arquitectura del edificio planteó un elemento relevante en la fachada principal, una pérgola metálica. Este elemento genera un techo en el ingreso principal del edificio y también es un elemento que consolida el carácter formal del objeto arquitectónico y debía ser resuelto estructuralmente. La fácil visualización de la ubicación del elemento y la información formal respecto a dimensiones y materialidad, permitió que de forma eficiente, fueses posible generar la solución estructural para la implementación de la pérgola (Ver Figura 5).

Una vez encontrada la solución estructural, se ingresa al modelo BIM, por parte del equipo de diseñadores estructurales, todos aquellos elementos y piezas estructurales con un nivel de detalle que permita conocer la información integral del elemento. El trabajo multidisciplinar para este proyecto permitió encontrar maneras de transmitir las soluciones estructurales de una forma más legible y con un lenguaje más integrado a los usuales esquemas de arquitectura que son mostrados en 3D, isométricos y perspectivas.

Además, el verdadero valor de la integración de protocolos de diseño y comunicación BIM permitió que estos elementos en el modelo, contaran con la información específica tanto técnica como física de los elementos necesarios para su construcción. (Ver imagen No. 6). Generando una comprensión más coherente del proyecto, una mejor solución integral para el diseño del objeto arquitectónico y la posibilidad de tener un modelo con la información centralizada y coordinada de una forma eficiente e inteligente.

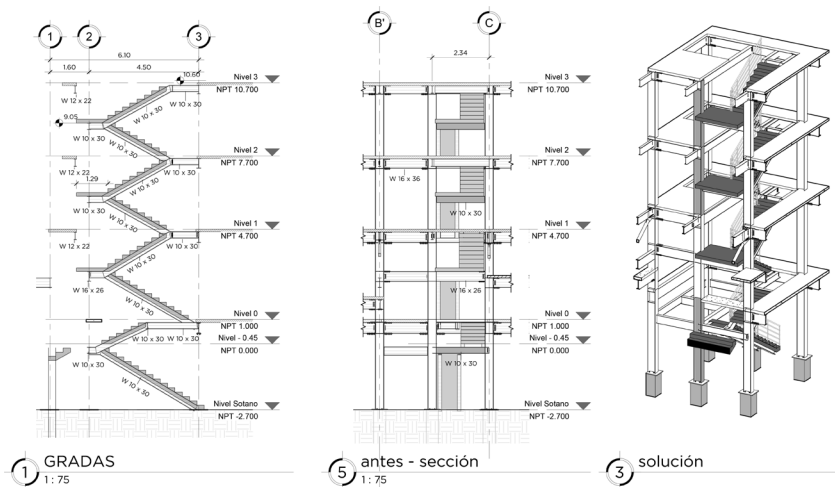
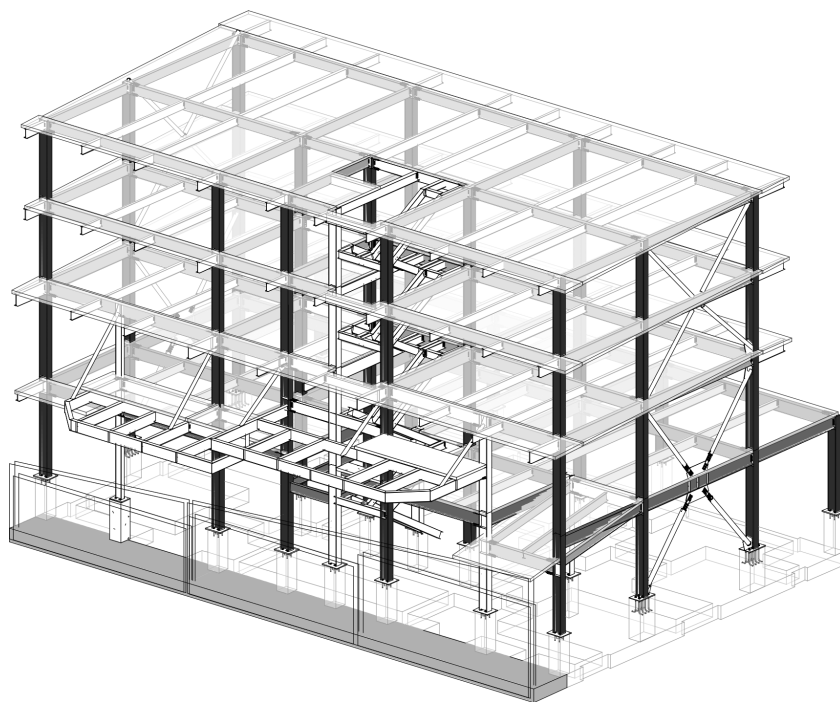
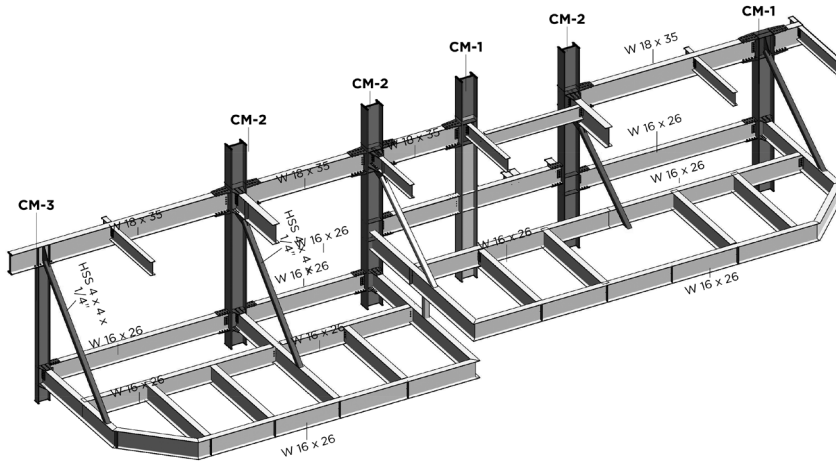


Figura 3 (arriba). Modelo BIM del proyecto. Fuente: Elaboración propia. **Figura 4 (abajo).** Modelo BIM Modulo de gradas y circulación vertical. Fuente: Elaboración propia.



9 3D PÉRGOLA

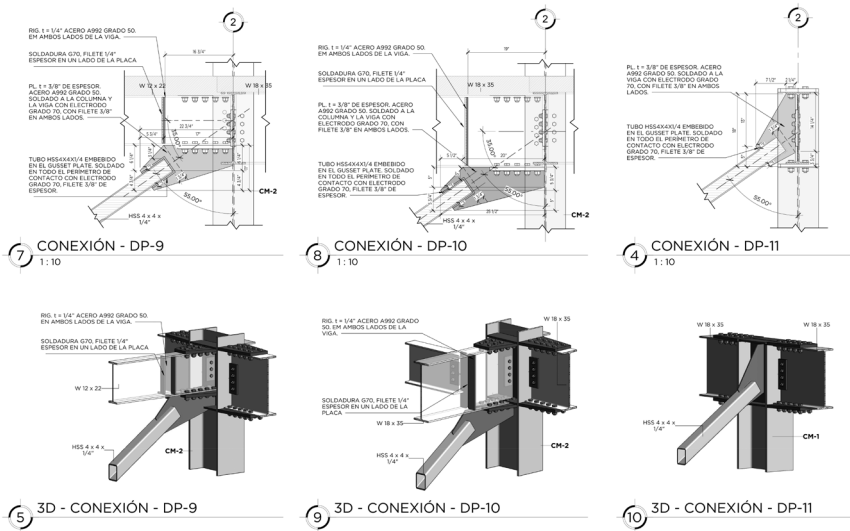


Figura 5 (arriba). Pérgola metálica en la fachada principal del edificio. Fuente: Elaboración propia.
 Figura 6 (abajo). Serie de detalles estructurales como solución al diseño de la fachada. Fuente: Elaboración propia.

Posibilidades de diseño colaborativo de forma remota en tiempos de Pandemia

El ejercicio de realizar el diseño de proyectos con protocolos y principios que nos acercan a la metodología BIM ha abierto una serie de valiosas oportunidades dentro del sector de la arquitectura, ingeniería y construcción. Una de las más importantes, es la posibilidad que cada uno de los diseñadores y especialistas puedan desarrollar un proceso de diseño multidisciplinar de forma exitosa y coherente de forma remota, sin necesidad de compartir un mismo espacio físico.

Muñoz-La Rivera plantea en su esquema un ambiente ideal de colaboración multidisciplinar para el desarrollo de un proceso de diseño colaborativo en metodología BIM. En él se puede observar la coordinación entre las diferentes disciplinas, especialmente la del diseñador estructural y el arquitecto (Ver Figura 7).

Para el desarrollo del proyecto presentado como caso de estudio se siguieron las recomendaciones generales para desarrollar y facilitar una comunicación e interacción multidisciplinar con la posibilidad de hacerlo de forma remota, haciendo uso de herramientas de comunicación digitales como alternativa a compartir el mismo espacio físico.

La posibilidad que se genera a partir de un modelo virtual, que se encuentra en un servidor físico o en la nube permitiendo el ingreso y la colaboración de diferentes diseñadores provenientes de diferentes disciplinas, es algo que definitivamente generará un cambio de paradigma sobre las posibilidades de diseño colaborativo, mejorando cada vez más la interacción entre diseñadores, haciendo más eficiente los procesos de diseño.

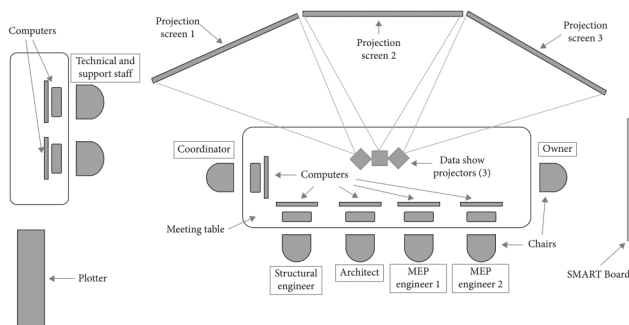


Figura 7. Ambiente ideal para la colaboración BIM. Fuente: (Muñoz-La Rivera et al., 2019, 10).

Conclusión y visión hacia el futuro

El avance de la tecnología y el diseño basado en una metodología BIM han creado una revolución en la forma de diseño multidisciplinar, generando la posibilidad de simplificar de forma considerable muchas de las tareas de diseño. Han acercado a diferentes disciplinas y logrado hacer converger el conocimiento de las mismas en un solo modelo que centraliza la información de los diferentes diseñadores involucrados en el proyecto, llevando la posibilidad de incluir especialistas en áreas específicas para proyectos que puedan generar más valor de diseño de una forma ordenada e inteligente. Por ejemplo, diseñadores urbanos, diseñadores de iluminación, especialistas en sustentabilidad y demás áreas específicas que puedan colaborar en el diseño de un edificio.

Por otro lado, la posibilidad de trabajar de forma remota en un mismo modelo, manteniendo una comunicación virtual, es una solución frente a un contexto en el cuál se está reflexionando constantemente y poniendo en duda la continuidad del modelo físico actual de las oficinas como entornos de trabajo.

Sin duda alguna, la herramienta BIM tiene la posibilidad de generar cambios radicales en el diseño colaborativo en los siguientes años, debido a su eficiencia en comunicación, tiempo y flexibilidad espacial. Si bien es cierto que la correcta implementación de esta metodología requiere de un equipo altamente capacitado que pueda comprender los procesos y protocolos del sistema BIM, con el tiempo la metodología y el software se han vuelto más conocidos y accesibles, proyectado un futuro optimista para el trabajo y diseño multidisciplinar.

Por último, la evolución de esta metodología nos hace reflexionar sobre los métodos de formación de los profesionales en las áreas de diseño arquitectónico y estructural, quienes muchas veces tienen poca experiencia y conexión multidisciplinar en su formación universitaria. Estos cambios en la tecnología que impactan en nuestro método de diseño deben ser aprovechados para generar en los pensum de estudios, escenarios y espacios colaborativos, fomentando en futuros profesionales competencias de adaptación, colaboración y habilidades en el uso de herramientas digitales. De esta forma, se puede llegar a pensar que un cambio positivo en el diseño multidisciplinar de la arquitectura, ingeniería y construcción puede llegar a incidir en generar ciudades más sostenibles, resilientes, eficientes y mejor diseñadas.

Listado de referencias bibliográficas

- Czmoch, I. & Pękala, A. (2014). Traditional design versus BIM based design. *Procedia Engineering*, 91(TFoCE), 210-215. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.048>
- Herrera, R. F. & Vielma, J. C. (2018). *Respuesta a la fragmentación de la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Fragmentación de la Industria de la Arquitectura*,. October.
- Jung, N.; Häkkinen, T. & Rekola, M. (2018). Extending capabilities of bim to support performance based design. *Journal of Information Technology in Construction*, 23(February), 16-52.

- Lancaster, F. D. & Tobin, J. (2010). Integrated project delivery: Next-generation bim for structural engineering. *Structures Congress 2010*, 2809-2818. [https://doi.org/10.1061/41130\(369\)254](https://doi.org/10.1061/41130(369)254)
- Muñoz-La Rivera, F.; Vielma, J. C.; Herrera, R. F. & Carvallo, J. (2019). Methodology for Building Information Modeling (BIM) Implementation in Structural Engineering Companies (SECs). *Advances in Civil Engineering*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8452461>
- Robinson, C. (2007). Structural bim: Discussion, case studies and latest developments. *Structural Design of Tall and Special Buildings*, 16(4), 519-533. <https://doi.org/10.1002/tal.417>
- Seglias, C. & Greenhall, P. (2012). Building Information Modelling (BIM): an Introduction and International Perspectives. *Bim*, July. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13634.58565>
- W Young Jr., N.; Jones, S. A.; Bernstein, H. M. & Gudgel, J. E. (2009). Getting Building Information Modeling to the Bottom Line. *Construction*, 213-222. <https://doi.org/10.1080/17512549.2015.1043643>

Abstract: The design of an architectural object or building, regardless of its scale or use, involves a design process that goes from pre-design, preliminary design and design development to the generation of construction plans. These phases are composed of repeated design iterations and collaborative processes and interconnected with various disciplines, one of the most important is the communication between two designers, the architect and the structural designer.

Currently there are tools and methodologies to carry out better communication and development of the project, such as BIM (Building Information Modeling) that seeks to generate the integration of professionals and experts in different disciplines to work with virtual models in a coordinated and intelligent way.

The implementation of this methodology requires a paradigm shift in the way of working of the different disciplines involved in the design of the object, for this a work methodology is proposed that allows generating a friendly transition towards an interdisciplinary work of the structural designer and architect .

An exploration of the flow and work scheme between structural designers and architects is presented, through the presentation of the design of real architectural objects and infrastructure, as case studies. Emphasizing technology and digital tools that facilitate remote work between disciplines with better communication, generating efficiency in resource optimization, flexibility and adaptability of design.

Keywords: Architecture - Structural Design - Collaborative Design - Multidisciplinary Work - Remote Work - BIM - Global and Local.

Resumo: O design de um objeto ou edifício arquitetônico, independentemente de sua escala ou uso, envolve um processo de design que vai do pré-design, design preliminar e desenvolvimento do design à geração de planos de construção. Essas fases são compostas de repetidas iterações de design e processos colaborativos e interconectadas com várias

disciplinas, una das mais importantes é a comunicação entre dois projetistas, o arquiteto e o projetista estrutural.

Atualmente, existem ferramentas e metodologias para realizar melhor comunicação e desenvolvimento do projeto, como o BIM (Building Information Modeling), que busca gerar a integração de profissionais e especialistas em diferentes disciplinas para trabalhar com modelos virtuais de forma coordenada e inteligente. .

A implementação dessa metodologia exige uma mudança de paradigma no modo de trabalhar das diferentes disciplinas envolvidas no design do objeto, para isso é proposta uma metodologia de trabalho que permite gerar uma transição amigável em direção a um trabalho interdisciplinar do projetista e arquiteto estrutural .

É apresentada uma exploração do esquema de fluxo e trabalho entre projetistas e arquitetos estruturais, através da apresentação do projeto de objetos e infraestrutura arquitetônicos reais, como estudos de caso. Enfatizando a tecnologia e as ferramentas digitais que facilitam o trabalho remoto entre disciplinas com melhor comunicação, gerando eficiência na otimização de recursos, flexibilidade e adaptabilidade do projeto.

Palavras chave: Arquitetura - Projeto Estrutural - Projeto Colaborativo - Trabalho Multidisciplinar - Trabalho Remoto - BIM - Global e Local.

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo]
