



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CAMPUS 1



“CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA APLICACIÓN DE
METODOLOGÍA BIM DE UNA ESTRUCTURA PARA UN
ENTORNO COLABORATIVO MULTIDISCIPLINARIO”

TESIS

Que para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON FORMACIÓN EN
CONSTRUCCIÓN

Presenta:

JULIO CÉSAR GARCÍA MÁRQUEZ C061039

Director de tesis:

DR. JUAN JOSÉ CRUZ SOLÍS

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; abril 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA C-I



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
15 de abril del 2024
Oficio No. F.I.01.664/2024

C. JULIO CÉSAR GARCÍA MÁRQUEZ
EGRESADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON FORMACIÓN EN CONSTRUCCIÓN
PRESENTE.

Con base en el Reglamento de Evaluación Profesional para los egresados de la Universidad Autónoma de Chiapas, y habiéndose cumplido con las disposiciones en cuanto a la aprobación por parte de los integrantes del jurado en el contenido de su Tesis Titulada:

“CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍA BIM DE UNA ESTRUCTURA PARA UN ENTORNO COLABORATIVO MULTIDISCIPLINARIO”.

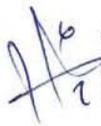
CERTIFICO el **VOTO APROBATORIO** emitido por este jurado, y autorizo la entrega de tesis digital elaborada a través del Programa Institucional para la Obtención del Grado Académico (PIGA), para que sea sustentado en su Examen de grado de Maestro en Ingeniería con Formación en Construcción.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR”


DR. OMAR ANTONIO DE LA CRUZ COURTOIS
DIRECTOR





Ccp. Dr. Humberto Miguel Sansebastián García. Coordinador de Investigación y Posgrado. Facultad de Ingeniería, Campus I. UNACH.
Archivo/minutario
OACC/HMSG/tcpg*





Código: FO-113-05-05

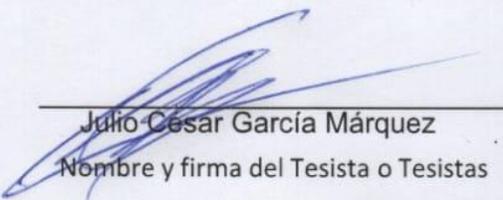
Revisión: 0

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) Julio César García Márquez,
Autor (a) de la tesis bajo el título de "Consideraciones Técnicas Para La Aplicación de Metodología BIM De Una Estructura Para Un Entorno Colaborativo Multidisciplinario.",
presentada y aprobada en el año 20 24 como requisito para obtener el título o grado de Maestría en Ingeniería Con Formación En Construcción, autorizo licencia a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), para que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para su consulta, reproducción parcial y/o total, citando la fuente, que contribuya a la divulgación del conocimiento humanístico, científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 22 días del mes de Abril del año 20 24.



Julio César García Márquez

Nombre y firma del Tesista o Tesistas

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó gracias a la experiencia ganada en varios proyectos, a los consejos y confianza de todos los compañeros Arquitectos e Ingenieros que fuimos coincidiendo en dichos proyectos.

A mis inicios en el BIM la mayoría de la información se encontraba en inglés, por lo cual agradezco la paciencia, las consideraciones y tiempo que me dedicaron a todos los gerentes y projects managers al ser nuevo en ese tiempo.

Por último agradecer a todos los profesionistas que hemos coincidido a partir del 2015, ya que gracias a la confianza en mis habilidades, conocimientos, consejos hemos podido realizar los proyectos de la mejor manera posible con los recursos que teníamos a mano.

DEDICATORIAS

Este trabajo está dedicado a todos los profesionales que empiezan en su camino BIM colaborativo, desafortunadamente no hay proyectos iguales, razón por la cual se trató de buscar un punto de inicio para que no se sientan tan abrumados y no se desanime al iniciar en este camino.

También está dedicado a todas las personas junto a las que batallamos por tratar de entender y cumplir los requerimientos y estándares de cada proyecto, para que en un futuro podamos hacer más amigable la interacción con personas que inician en este proceso.

Contenido

Resumen	10
Introducción	11
Marco Teórico	15
Fundamentos De BIM.....	16
Lean Construction	16
Metodología IDP.....	18
NORMATIVA BIM.....	20
Nivel De Informacion O Detalle.....	21
Nivel De Detalle	21
Calidad Del Modelo	23
Plan De Ejecución BIM.....	25
Programas Bim para Estructuras.....	28
Conclusiones.....	30
Metodología	31
Resultados y Discusión	33
1.-Tipo de Proyecto	33
2.- Especialidades	34
3.- Archivos / Información recibidos	37
4.- Elección de Software.....	40
5.- Calidad del modelo y/o alcance.	44
6.- Entorno de trabajo colaborativo.....	47
7.- Nomenclatura de archivos	50
Conclusiones	52
Referencias	54
Anexos.....	56

Índice de Tablas

Tabla 6.1-Identificación del tipo y etapa de proyecto. “Elaboración Propia”.....	33
Tabla 6.2-Identificación de los alcances en proyecto. “Elaboración Propia”	36
Tabla 6.3-Identificación de la documentación recibida para proyecto. “Elaboración Propia”	38
Tabla 6.4-Identificación del software a utilizar. “Elaboración Propia”	40
Tabla 6.5-Identificación del software a utilizar. “Elaboración Propia”	41
Tabla 6.6-Identificación del software a utilizar. “Elaboración Propia”	42
Tabla 6.7-Identificación de alcance o calidad requerida. “Elaboración Propia”	44
Tabla 6.8-Identificación de alcance o calidad requerida. “Elaboración Propia”	45
Tabla 6.6-Identificación de los canales oficiales de contacto a utilizar. “Elaboración Propia”	47

Índice de Figuras

Figura 1 – BIM abarca todo el proceso del ciclo de vida de un edificio.....	15
Figura 2 – Organigrama proyecto tradicional.	17
Figura 3 - Participación de los agentes en una entrega convencional de proyectos.....	18
Figura 4– Entrega integrada de proyectos.....	19
Figura 5 – Niveles LOD.....	23

Índice de Anexos

Anexo 1 :Definición basica de LOD en BIM Forum versión 2021	56
Anexo 2: Terminos y deficiones BIM basicos	58
Anexo 3: Terminos y deficiones basicos en Revit	61
Anexo 4: Estructura de Folders y nomenclaturas de archivos y documentos.	64
Anexo 5: Common Data Environment.....	67

Resumen

Al tratar de mejorar nuestro flujo de trabajo nos encontramos en la necesidad de buscar nuevas metodologías para ser más eficaces y tener mejor calidad en nuestros resultados, en los últimos años la metodología BIM se ha venido implementando cada vez más a nuevos proyectos. Dado lo anterior se tratará de acercar los conceptos básicos que se deben de poner atención para que el proceso de integración a la metodología BIM sea de una manera más amigable. Se realizó un estudio cualitativo con enfoque a una investigación documental de análisis de la información. En la cual se enfocó en comparar los documentos proporcionados por las constructoras a cargo de la gerencia de diversos proyectos, en los cuales a pesar de ser y/o tener diferentes nombres se pueden englobar como el BEP (*Bim Execution Plan*) del proyecto en cuestión el cual contiene los requerimientos que se necesitan para poder cumplir con las necesidades del proyecto colaborativo. Cada proyecto es diferente por lo cual es difícil tratar de englobar o buscar parámetros que sean iguales entre y otros debido al factor humano, con lo anterior se enfocó la investigación en buscar parámetros que nos den una idea acerca de lo que se puede presentar dependiendo de lo anterior. Por lo cual es debido informar que dependiendo de la cantidad de especialidades involucradas en cada proyecto, la fase de inicio del mismo, y el tipo será la complejidad del mismo, con lo anterior se refiere a la cantidad de personas involucradas. Otro factor a tomar en cuenta y que muchas veces no teníamos en consideración son los archivos de proyecto, tanto los que recibimos como los que se tendrán que entregar, esto debido a la necesidad de recibir/entregar formatos que puedan ser utilizados en diferentes entornos. Como dato adicional también es importante saber las opciones disponibles para realizar nuestra integración en pros de la búsqueda de hacer más amigable la coordinación, la cual se apoyará con la tecnología con la tecnología disponible al momento, lo cual puede incluir desde juntas presenciales, virtuales, mensajes de texto entre otros, hasta el uso de plataformas especializadas para llegar al punto requerido de coordinación. Como cualquier otro proceso también se revisó los requisitos de calidad y cantidad de datos a incluir y como se mencionó anteriormente dependerá de los requerimientos del proyecto. La Metodología BIM es un proceso que puede llegar a ser muy complejo debido a la cantidad de opciones disponibles de programas, plataformas, y formatos, pero a su vez si se tiene identificado las necesidades del cliente puede ser muy beneficioso acercándose al ideal de ahorrar tiempo y dinero. De manera que es para hacerlo más amigable es necesario tener la mentalidad abierta para la adaptabilidad.

Introducción

En la actualidad el desarrollo de nuevas tecnologías, así como el alcance de las mismas es cada vez mayor, en nuestro medio de la Construcción y dentro de sus varias etapas tanto en el proceso de diseño como en el de construcción de proyectos, es importante estar a la vanguardia debido a que las metodologías se vuelven obsoletas cada vez en menor tiempo. En relación con los avances en el ámbito tecnológico, de materiales y social, en el área que engloba las especialidades que son parte del rubro de construcción, crece y cambia para adaptarse a las necesidades de los distintos tipos de proyectos que nos podemos encontrar y/o participar.

Hay que mencionar que cada año los avances en la potencia y procesamiento del equipo de cómputo, así como también los servicios de Internet, han mejorado drásticamente, tanto que se puede decir que de 2018 a 2024 se ha duplicado en el segmento doméstico/empresarial. Se debe agregar que las limitaciones de hardware que se encontraban son cada vez menores, y es importante identificar que necesitamos para mejorar nuestros procesos.

Puede agregarse que en el área de la ingeniería civil tenemos muchas especialidades, tales como lo son Vías Terrestres, Estructuras, Infraestructura de Agua Potable, Sanitario, Instalaciones Eléctricas, entre otras, cada una de las anteriores tiene su propio proceso para desarrollarse desde el borrador. En el proceso interno de cada especialidad es común ver que no se tenga una coordinación previa a los primeros diseños entregados.

La transición del manejo y flujo de información también ha evolucionado bastante en los últimos 10 años y sigue cambiando adaptándose a los requerimientos que necesitan tanto las empresas como personas para compartir, almacenar, respaldar la misma, por lo cual es importante aplicar un manejo orgánico de la misma, para no caer en redundancias o que la misma no sea accesible de manera práctica y futura.

En relación a los procesos internos, el procedimiento a seguir se aprende de manera empírica, en forma de prueba y error, y se ajusta a las necesidades de cada persona/especialista, así mismo es poco probable que este proceso se actualice o modernice a no ser que se tenga una necesidad externa, lo cual puede ser un requerimiento del proyecto o del cliente.

Ahora bien, con la facilidad que nos proporciona la globalización se pueden encontrar con sugerencias y metodologías que ayudan a tener un nuevo enfoque en la manera en la que se desarrollan los proyectos. Con respecto al área de Ingeniería Civil / Arquitectura tiene pocos años que se ha empezado a emplear en México la metodología BIM, principalmente en el sector privado, en la construcción de naves industriales, edificios, fábricas, infraestructura, entre otros.

En lo referente a obra pública el proceso de adaptación es más lento debido a que las dependencias tienen que generar sus propias normativas con respecto a implementación BIM, así como los alcances que dichas normativas. Es importante tener en mente que necesitamos poder proveer como profesionistas a todos los involucrados en los procesos de diseño, revisión, supervisión, construcción, uso, mantenimiento y ampliaciones, con el acceso a la información de proyecto de manera práctica, durante todo el tiempo de vida del proyecto.

Con la implementación de nuevos procesos, en este caso el uso de la metodología BIM para el desarrollo de proyectos ejecutivos, se genera durante la implementación del mismo la necesidad de tener una comunicación interdisciplinaria con lo cual se genera más datos los cuales deben tener un flujo hacia todos los involucrados.

Ahora bien, al hablar de metodología BIM (*Building Information Modeling*), nos referimos al proceso por el cual se coordina un proyecto, ahora bien se busca optimizar tiempos, mano de obra, ahorro de materiales y soluciones oportunas a posibles problemas que se puedan llegar a presentar en un futuro inmediato en el proyecto.

En la práctica profesional como parte del sector de la construcción, se nos orilla a cumplir con requisitos y/o tareas para llevar a cabo nuestro desempeño de manera aceptada, muchas veces al hacer esto no tenemos claro y muchas veces no tenemos idea de cómo manejar la información que se genera y utiliza en el proceso. Aquí vale la pena aclarar que al hablar de metodología BIM no estamos centrándonos en un solo programa, que por lo general se relaciona con Revit, se trata de buscar la manera de que todos los involucrados tengan accesibilidad a la información que todos generen.

La presente investigación se enfocará en analizar estándares de varios proyectos realizados en la república mexicana por empresas que tienen mínimo 5 años implementando metodología BIM en sus proyectos. Con respecto a lo anterior al ser invitados por primera vez a un proyecto

que se realiza con Metodología BIM es abrumador al encontrarnos con toda la nueva información y requerimientos que nos solicitan, misma que cambia de proyecto a proyecto y de constructora a constructora debido a que las necesidades no serán iguales para dos proyectos.

Este trabajo buscará encontrar los conceptos que los proyectos tengan en común, para que los interesados puedan tener una idea de los requerimientos básicos y de qué manera pueden afrontar estos nuevos desafíos en un proceso que evoluciona día a día.

Como se menciona anteriormente con la globalización, cada día salen al mercado nuevos programas y formatos para compartir información, las empresas líderes en construcción están constantemente en la búsqueda de nuevas metodologías y procesos que los ayuden a hacer sus proyectos más efectivos.

Con lo anterior el problema que surge es el que cada vez más empresas empiezan a imitar la implementación BIM sin hacer realmente el análisis necesario para que se ajuste al proyecto a ejecutar, así como no tener el personal capacitado para realizar dicha tarea.

Así mismo, este mismo problema viene descendiendo hasta el encargado de realizar el modelo BIM, si el responsable no tiene experiencia con estos estándares, conocimiento sobre tecnologías nuevas, así como desconocimientos de formatos de archivos, no se puede aspirar a tener una integración con las demás especialidades y/o involucrados en el proyecto, teniendo como resultado todo lo contrario a lo buscado al implementar la metodología BIM.

Con todo lo anterior, una parte extra al problema es la falta de capacitación por parte de los involucrados, ya sea por desconocimiento, o porque simplemente se tiene la idea de que lo que se hace tradicionalmente es suficiente, orillando a tomar la decisión en muchas ocasiones en no volver a intentar aplicar la metodología BM en futuros proyectos, perdiendo la oportunidad de crecimiento profesional y tecnológico.

El objetivo general de este trabajo dar a conocer a los profesionistas una serie de consideraciones para el manejo de la información que se llegue a generar o en su caso a necesitar para poder ser parte del proceso BIM.

Los objetivos específicos serán los siguientes:

- Acercar a los profesionistas al entorno colaborativo; lo anterior se refiere a las plataformas digitales usadas, mediante el análisis de las anteriores en los estándares de constructoras nacionales.
- Analizar y establecer el tipo de proyecto en el cual seremos parte.
- Identificar los entregables a proporcionar durante todo el proceso del proyecto.
- Acercar las opciones de software populares en los proyectos nacionales.

Marco Teórico

Un modelo BIM está estructurado como una base de datos que incluye elementos gráficos compuesto por parámetros e información referente al proyecto. Las siglas en inglés BIM es por *Building Information Modeling*, de acuerdo con Miller (2013, p. 3)

El concepto BIM involucra a tecnologías, procesos, actores técnicos, actores no técnicos, etc., reunidos bajo un mismo concepto y “mirando” el mismo modelo de datos, en donde todos pueden participar en forma simultánea, tomar decisiones y visualizar dinámicamente el modelo real en forma sincrónica y concurrente.

El proceso BIM involucra diversos softwares, se incluyen dentro de éstos los de modelado 3D, modelado paramétrico, CAD, incluso programas de bases de datos. Los inicios de BIM se puede ameritar al *Software Revit*; siendo este un “software de diseño que tuvo su desarrollo a finales de los 90 en USA y que autodesk compra en 2002” (Miller, 2013, p. 4). Para iniciar a trabajar en BIM se requiere conocer de manera general en qué consiste esta metodología, saber qué procesos implica y aplicarlos en donde sea posible, teniendo en cuenta que se tendrá que relacionar con los involucrados en el proceso.

Siguiendo a Fuentes (2021, p. 24) “BIM no se limita a la fase de un proyecto de un edificio: puede abarcar todo el ciclo de vida, desde su concepción inicial hasta su demolición y reciclado”.

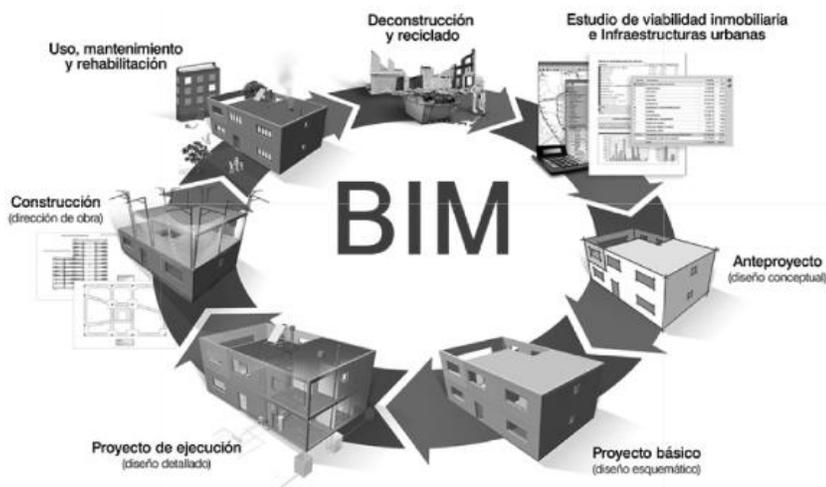


Figura 1 – BIM abarca todo el proceso del ciclo de vida de un edificio (Fuentes, 2021)

En la aplicación de BIM es posible incorporar al proceso constructivo metodologías de trabajo eficientes como:

Podría traducirse como lo bueno, lo magro de la carne, la esencia de algo. Es un sistema de producción desarrollado por la *Toyota Motors Company* para proporcionar mejor calidad, a un menor coste y con plazos de entrega más cortos mediante la eliminación de desperdicio (improductividad o actividades que no añaden valor) (Lean citado en Reyes, Garrido y Cordero, 2019, p. 24).

Por su parte, IDP citado en Reyes, Garrido y Cordero (2019, p. 24) señala que:

Del inglés *Integrated Project Delivery*, podría traducirse como entrega del proyecto integrado. Es un enfoque de la ejecución de proyectos que integra desde los instantes iniciales a personas, sistemas, estructuras y prácticas empresariales en un proceso que aprovecha colaborativamente el talento y los puntos de vista de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor del cliente, reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia en todas las fases del diseño, fabricación y construcción.

Otro aspecto importante que se debe señalar, es que al utilizar BIM se propicia una detección de conflictos en la pre construcción virtual, eliminando desperdicios y tareas improductivas (*Lean Construction*) gracias en parte al aumento de la comunicación, la transferencia de conocimientos y la integración de agentes (IPD, *Integrated Project Delivery*) (Reyes, Garrido y Cordero, 2019).

Fundamentos De BIM

Utilizar BIM implica tener que hacer uso de una gran cantidad de recursos tanto técnicos como tecnológicos y sociales; en la parte técnica los principales son marcados por Lean Construction y la metodología IDP que son la base de esta metodología.

Lean Construction

Cuando se integra *Lean Construction* en un proceso, se está haciendo un proceso cíclico de perfeccionamiento que consta de cuatro etapas. “Todo parte de una planificación, sigue con la ejecución de lo planificado, después se comprueba que tal se planificó y se hizo, y concluye con

ajuste de lo planificado” (Reyes, Garrido y Cordero, 2019, p. 25). Lo importante que aporta Lean, es que explica que es un proceso iterativo teniendo la posibilidad de volver a planificar y analizar el resultado anterior, obteniendo un proceso con menos errores cada vez que se analice.

Una construcción en un proceso tradicional consta de la planeación, la construcción y la verificación de la ejecución de la planeación y su construcción, la cual puede tener un desenlace donde se involucre discusiones, juicios, despidos, entre otros. La verificación en un proceso BIM es difícil que llegue a juicios y despidos, debido a que no se empieza a construir la obra hasta que la planeación del proyecto esté optimizada de tal manera que sea posible en tiempo, forma y monetariamente asequible, pudiendo optimizar el proyecto con la iteración y revisión del mismo, si el tiempo y experiencia lo permiten.

Al planear de manera tradicional, el cliente se pone en contacto con el proyectista principal desglosando las necesidades, dimensiones y presupuesto del proyecto, y se organiza de la siguiente manera:

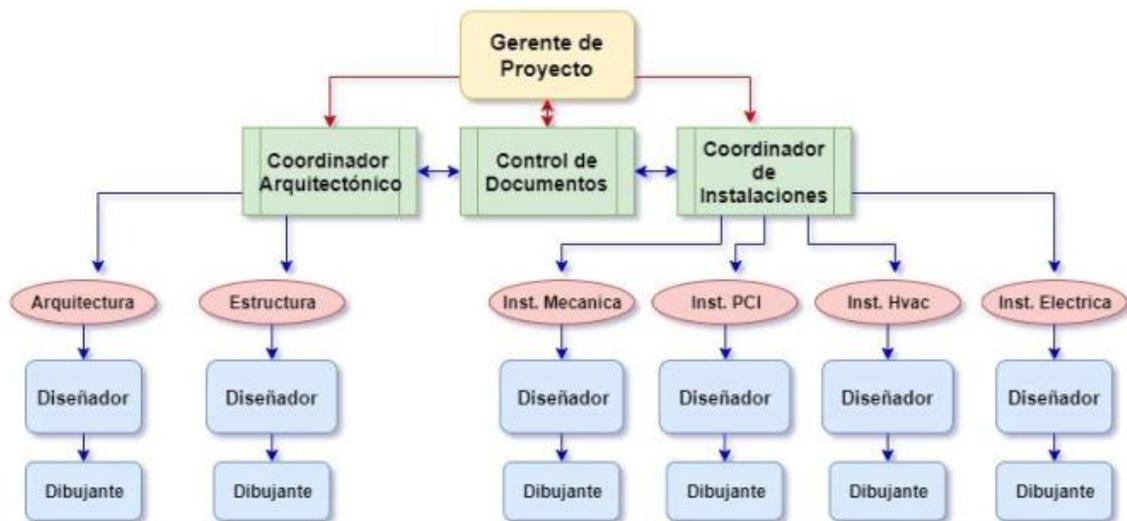


Figura 2 – Organigrama proyecto tradicional. "Fuente: Elaboración Propia".

El proceso tradicional divide el proceso en varias etapas:

La primera parte es realizada por la parte arquitectónica, en la cual se ejecuta un proyecto base de arquitectura, siendo lo primero en iniciar en el proyecto, teniendo esta parte terminada,

proceden a empezar con su proceso los demás especialistas un tiempo después del inicio como lo es la estructura, instalaciones mecánicas, aire acondicionado, instalaciones eléctricas entre otras.

La segunda parte inicia cuando todos los involucrados en la primera parte entregan sus partes concluidas a los contratistas respectivos, los cuales no están enterados del proyecto hasta que se inicia esta fase, ocasionando tiempos muertos, y problemas en logística de materiales y mano de obra. El proyecto que reciben tiene la aprobación de los diseñadores, pero no ha pasado por la revisión de los contratistas, la cual en muchas ocasiones no cuenta con un cruce de ingenierías, revisión de procesos constructivos para asegurar un costo adecuado, y detalles inconstruibles, lo cual incurre a regresar al paso anterior a revisar los detalles que se encuentran durante la construcción.



Figura 3 - Participación de los agentes en una entrega convencional de proyectos (Reyes, Garrido y Cordero, 2019)

Metodología IDP

De acuerdo con Reyes, Garrido y Cordero (2019, p. 26) con la metodología IPD

El trabajo se racionaliza, simplemente se trata de que el proyecto lo hagan entre todos los agentes que tengan que participar en él, cada uno con sus atribuciones, y que empiecen a trabajar en el cuanto antes, en cuanto empiece a tener sentido. Al implementar IPD, el proyecto es planificado por el proyectista general asesorado por los ingenieros especialistas y los contratistas, asegurando un diseño lógico y construible, logrando un proceso mucho más racional en donde se

resuelven problemas conforme se van detectando a tiempo y colaborativamente, siendo éste mejor al ser revisado y/o visualizados por todos.

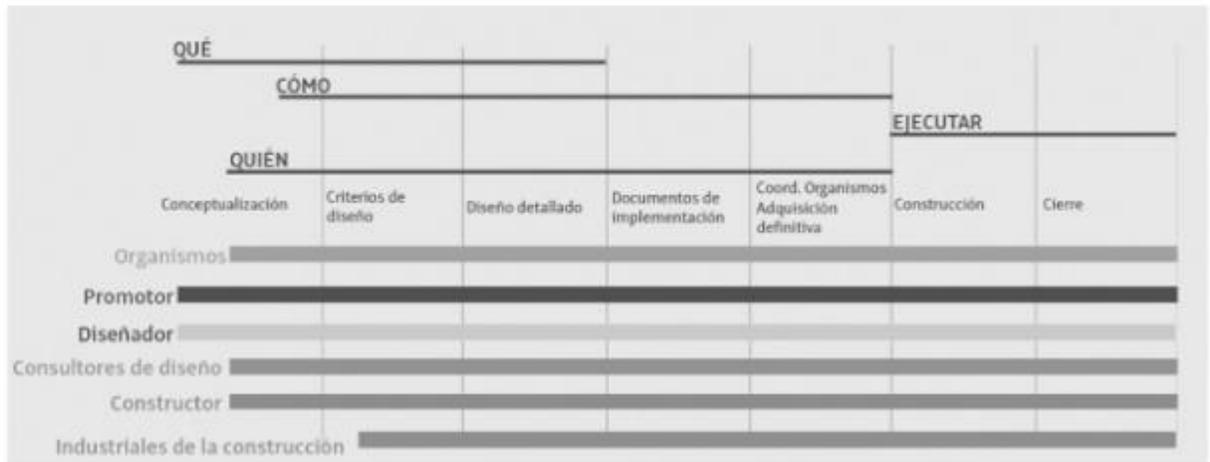


Figura 4– Entrega integrada de proyectos (Reyes, Garrido y Cordero, 2019)

El ciclo BIM es un proceso de generación y gestión de datos de proyectos durante su siglo de vida, permite crear elementos con volúmenes que pueden incluir materiales que son visualizables en 3D y 2D, en tiempo real en la vista activa, haciendo que esta modificación sea actualizada en todas las vistas donde estos elementos estén presentes, ahorrando tiempo.

La adopción de BIM en la construcción, permite incluir procesos novedosos industrializados, dando una mejora en la calidad, controlando costos, planeación de construcción, y ahorro en tiempos. Al adoptar BIM se pueden acceder a los siguientes puntos:

“En un mismo prototipo virtual coexistirán todos los elementos que se materializarán en la obra, con sus materiales concretos y con detalles constructivos” (Reyes, Garrido y Cordero, 2019, p.29).

“Los elementos se modelan en tiempo real en la vista activa, y en el resto de las vistas del proyecto, para poder realizar los siguientes puntos:

- Trabajar en coordinación al mismo tiempo con todos los participantes del proyecto, y verificación a tiempo del Coordinador BIM

- Analizar interferencias entre especialidades, tales como lo son choques entre tuberías con la estructura, y entre las mismas tuberías.
- Revisión visual de la maqueta virtual para la realización de fases de construcción, para la programación de mano de obra y suministros de materiales.” (Reyes, Garrido y Cordero, 2019, p. 29).

Tener al final del proceso de construcción un modelo *as-built* (un modelo de como se ha construido).

Facilidad de realizar presentación grafica con clientes, dando la oportunidad de realizar cambios antes de pasar al proceso constructivo.

Ahorro de tiempo y dinero en el proceso de construcción debido a que los problemas se pueden detectar en la fase de coordinación.

NORMATIVA BIM

Con la adopción y crecimiento del proceso BIM se han ido creado con el tiempo de vida de la misma metodología se han creado organizaciones que generan estándares BIM, al año 2024 cada vez la cantidad de países que generan sus propias normativas aumenta, la mayoría tiene como base los siguientes:

- Building Smart:
- BIM Project Execution Planning Guide of Penn State.
- AEC UK BIM Protocol.
- Singapore BIM Guide.
- Common BIM Requirements in Finland.

La normativa BIM trata en estandarizar los elementos e información que se incluye en los modelos virtuales, dependiendo de la especialidad la normativa aplica de manera diferente. En la normativa BIM se pueden resaltar los siguientes puntos:

- Nivel de información.
- Nivel de detalle.
- Calidad del modelo.

Nivel De Informacion O Detalle

“Es decir el nivel de desarrollo de un modelo BIM o elemento BIM es una medida de la información que contiene el modelo BIM o elemento BIM con respecto a la información requerida por el elemento real para ser construido o adquirido” (Reyes, 2020, p. 31); Lo anterior se refiere a la información que necesita el proyecto, es importante delimitar este concepto porque si no está bien definido, acarrea problemas de alcances, tiempos, costos y retrabajos.

Nivel De Detalle

Hay que mencionar que el nivel de detalle es un concepto que varía dependiendo de los coordinadores, gerentes y clientes, el cual se puede delimitar a la información que contiene un elemento, sin embargo, la misma en su totalidad puede no ser relevante para el proyecto. No obstante, si la información en los elementos involucrados es importante para el proyecto “Los conceptos de nivel de detalle y nivel de desarrollo coinciden” (Reyes, 2020, p. 31).

Con todo y lo anterior, dado que como explica Reyes (2020, p. 31), LOD, es un parámetro que cubre la necesidad de indicar el estado de evolución del modelo. Siendo acrónimo de Level of Development o Level of Detail.

El nivel de desarrollo (LOD) se puede clasificar en:

LOD 100: Los elementos son representados en calidad bosquejo y/o calidad 2d. puede o no tener las dimensiones finales o previos, debido a que es un bosquejo.

LOD 200: Los elementos son representados en forma de volumen, deben tener una forma aproximada y/o real tanto de tamaño y localización general.

LOD 300: Los elementos deben tener los volúmenes proyectados (las que apliquen dependiendo del tipo de elemento), limitando el alcance al volumen exterior.

LOD 350: Los elementos deben ser más detallados que el LOD 300, incluyendo más detalles visibles de los mismos, por ejemplo en elementos de concreto armado deben contar con el modelado del acero de refuerzo, en muros por ejemplo incluir zoclos, en ventanas; colores y detalle de perfiles.

LOD 400: Los elementos aparte de incluir todo lo que incluye el LOD 350 también se debe agregar detalles de fabricación y montaje así como los requerimientos únicos del proyecto, por ejemplo información específica de elementos, como fabricantes, cargas, pesos, coordenadas, entre otros.

LOD 500: En esta fase se debe incluir los requerimientos del LOD 400, además integrar la ubicación final en el proyecto, colores, formas, modificaciones, adecuaciones y todo lo pertinente para reflejar el estado *as-built* (como se construyó), que sean incluidos en los requerimientos del cliente, con el fin de hacer un uso óptimo del tiempo y recursos de los involucrados.



Figura 5 – Niveles LOD (Reyes, Garrido y Cordero, 2019)

Para más información revisar anexo 1.

Calidad Del Modelo

En relación con la calidad del “Modelo” es un tema muy relativo y muchas veces confundido con el LOD o nivel de desarrollo, la causa se debe a que se asocia con lo visual y no con lo que se requiere. Dicho de otro modo, la calidad del modelo se alcanza con el BEP, lo cual nos indica las pautas, requisitos y nivel de desarrollo que es necesario para el proyecto en curso.

Se debe agregar que la calidad que se puede alcanzar depende del nivel de implantación BIM en nuestro flujo de trabajo y/o despacho.

A grandes rasgos el nivel de implantación BIM se divide de la siguiente manera:

Nivel 0 – “CAD (1980-2000): La implantación de la tecnología BIM en la empresa es nula (Reyes, Garrido, Cordero, p. 44)”. Lo cual significa que el proyecto se ejecuta con plataformas CAD 2D, en todas sus fases y la coordinación se realiza a través de impresiones en papel y/o digitales.

Nivel 1 – “2D/3D (2000-2010): La visualización de trabajo es tridimensional, pero el dibujo se realiza de forma vectorial (Reyes, Garrido, Cordero, p. 44)”. Lo que significa que se trabaja de manera conceptual en un entorno 3D, por esta razón, los programas utilizados en este nivel varían, y no se limitan a programas 2D como AutoCAD, incluyendo en esta lista Revit, Archicad, entre otros. Acerca de los entregables se realizan a través de un entorno de datos común o CDE por sus siglas en inglés *Common Data Environment*.

Nivel 2 – “BIM – Modelo Federado (2010-2020): Este nivel se distingue por el trabajo colaborativo, todas las partes utilizan sus propios modelos pero no necesariamente en un solo modelo compartido (Reyes, Garrido, Cordero, p. 44)”. Por lo tanto en el nivel 2 se trabaja y coordina con las directrices dictadas en el BEP, donde nos desglosan formatos de archivos, CDE, programas a utilizar, y entregables. Se debe agregar que la cantidad de archivos/modelos dependerá de la organización del proyecto y sus contratistas, por consiguiente los modelos estarán linkeados entre ellos para llevar a cabo la coordinación.

Nivel 3 – “iBIM – Modelo integrado (2015-...): Este nivel representa una colaboración total entre todas las disciplinas mediante el uso de un modelo de proyecto único y compartido que se mantiene en un repositorio centralizado (Reyes, Garrido, Cordero, p. 44)”. Cabe aclarar que el nivel 3 es lo ideal en el proceso BIM, sin embargo se encuentran dificultades técnicas que hace muy difícil lo anterior; dicho de otro modo, se enumeran los siguientes posibles problemas:

- Problemas de conexión: ya sea por infraestructura o servidores de servicio, en este caso de internet.
- Problemas de equipos: En relación a equipos se refiere a hardware o componentes de los mismos, debido a que las geometrías 3d en los proyectos van a aumentando conforme avanza el proyecto, los equipos no son capaces de renderizar/mostrar la información en los modelos.
- Alcances/especialidades: Debido a que los proyectos que acostumbran a usar BIM, son proyectos grandes y/o de industrias especializadas con el fin de un mejor proyecto dividen el proyecto en varios contratistas, esto nos lleva a que cada contratista debe tener en su control sus modelos para realizar el proceso BIM de la parte que le corresponde.

Plan De Ejecución BIM

Para comenzar esta etapa, es necesario retomar lo que señala Reyes, Garrido y Cordero (2019, p. 46) acerca de la coordinación de proyectos BIM “se manejan muchas variables, por lo cual se debe establecer por escrito un plan de ejecución BIM (BEP, de *BIM Execution Plan*)”. Este documento es elaborado por el BIM Manager y se valida por los participantes de las empresas involucradas en el proyecto, en este documento se aborda el flujo de la información, durante todo el ciclo de vida del proyecto en cuatro fases:

Al inicio del proyecto: Es realizado por el cliente y plasma sus objetivos, los usos que tendrá su modelo y los requerimientos del mismo.

En fase de contratación: En esta fase la empresa gerencial incluye información más detallada sobre el proyecto, los cuales pueden ser los involucrados, los softwares a utilizar, canales de comunicación, responsabilidades jerarquías, formatos de archivos, plataformas de trabajo, entregables.

Fase de diseño y obra: Cuando la obra inicia el BEP se utiliza como la medula del proyecto BIM, en el mismo se incluyen los canales de coordinación y el proceso por el cual las maquetas virtuales apoyaran al proceso de construcción y diseño. Teniendo claro la manera en la cual todos tendrán acceso a los modelos para asegurar el correcto proceso.

Operación y/o mantenimiento: Después de la conclusión del proceso de obra, el BEP se utiliza como una guía para saber cómo está el proyecto organizado, para poder dar mantenimiento y tener todo en orden para una futura remodelación, ampliación o demolición.

El siguiente punto a tratar es referente a los elementos que forman parte de la base de datos dentro del Modelo BIM que es importante identificar para poder ingresar la información que se nos requiera en el BEP.

En general los programas en los que podemos hacer BIM organizan la información de los elementos que incorporamos al proyecto por medio de “Categorías, Familias, Tipos y Ejemplares (Fuentes, 2021, p. 541):”

Categoría: Puede anotarse como categoría el nombre del elemento; puertas, muros, columnas, ventanas, armados, equipos eléctricos, equipos mecánicos.

Familias: Entiéndase como Familias los diferentes tipos de elementos del mismo, por ejemplo; ventanas de cancelería, aluminio, cristal. Columnas; concreto, madera, acero, compuestas. Losas; maciza, losa cero, losa nervada, vigueta y bovedilla.

Tipos: Se definen como tipo las variaciones dentro de la familia, los cuales pueden ser dimensiones, tamaños, amperajes, colores, dependiendo del proveedor/fabricante, así como de lo requerido en el proyecto, conforme aplique.

Ejemplares: Pueden categorizarse como ejemplares, el conteo de los elementos organizados adecuadamente por categoría, familia y tipo.

Con todo y lo anterior, se puede hacer una cuantificación de elementos, los cuales se nombran como extracción de mediciones *o quantities take of*. Es decir los tipos (elementos) de nuestro modelo se pueden medir dependiendo de los parámetros que estos incluyan, los cuales pueden ser dimensiones lineales, cuadradas, cubicas, cargas, colores, marcas, fabricantes, entre otros.

El resultado de los parámetros definidos y sabiendo que se necesita cuantificar, se pueden filtrar los elementos *tipos*, los cuales serán necesarios para calcular lo siguiente:

- Cantidad de materiales
- Tiempos de ejecución
- Planeación de áreas
- Cantidad de mano de obra

Entre otros.

Para más definiciones y términos revisar anexo 3.

Puede agregarse que los participantes dentro de los proyectos BIM deben de tener roles definidos para poder cumplir con la coordinación deseada en el BEP, al llegar a este punto se enlistan a continuación los roles genéricos más comunes:

BIM Project manager: Encargado en gestionar y coordinar el proyecto, haciendo cumplir el BEP a los participantes del proyecto, así mismo es el encargado de actualizar y/o modificar el mismo BEP con nuevas tecnologías, técnicas, innovaciones.

BIM Coordinator: Responsable de interpretar, explicar y hacer que los modeladores apliquen de manera correcta el BEP, dependiendo del tamaño del proyecto pueden necesitarse más de un coordinador, al mismo tiempo encargarse de la coordinación de modelos con otros contratistas y de manera interna con sus especialidades.

Proyectistas: Realizan los cálculos y propuestas del proyecto dependiendo de sus especialidades, adaptándose a los requerimientos de formatos descritos en el BEP, de modo que se necesitara una comunicación constante con el Coordinador BIM y el Modelador BIM.

Modelador BIM: Especialistas encargados de llevar las indicaciones y diseños de los proyectistas al modelo BIM, con la finalidad de incluir los parámetros requeridos en el BEP y generar los documentos necesarios en el proyecto.

Gestor de contenidos: “Encargado de apoyar al BIM Manager en temas de gestión de los datos del modelo, plugins de aplicación en el proyecto y conexión entre distintos softwares (Reyes, Garrido, Cordero, 2019, p. 33)”, ahora bien este rol es muy raro, debido a que estas actividades son realizadas por el BIM Manager en la búsqueda de la optimización del proceso BIM.

Quantity Surveyor: “Encargado de medir y presupuestar desde el modelo BIM (Reyes, Garrido, Cordero, 2019, p. 33)”, en relación a cuantificaciones y/o volumetrías es una tarea que en la mayoría de los casos es delegada a los modeladores BIM, este rol usualmente es llenado en proyectos grandes, en los que la gerencia también necesita sacar esta información para sus procesos internos.

Contratista: Encargado de realizar la construcción con la información generada del proceso BIM, además de contribuir a crearla, entre sus responsabilidades esta comprobar las interferencias

con otros contratistas, así como realizar el modelado y ejecución del BEP dentro de las especialidades Contratadas.

“Subcontratista y Fabricantes: Tanto los subcontratistas como los fabricantes se dedican a la fabricación in situ de la construcción previamente diseñada y modelizada por el BIM Manager y el Proyectista principal (Reyes, Garrido, Cordero, 2019, p. 34)”.

Programas Bim para Estructuras

Como para cualquier otra especialidad, se tienen en el mercado muchas opciones para realizar la integración de la estructura en el proceso BIM. Para tener más claro cómo realizar la integración se dividirá en dos este proceso, el primero será la parte del cálculo, y en la segunda parte será la parte del modelado 3d, la cual será la que se integrará en el modelo de coordinación. Sin embargo esto no quiere decir que no se pueda utilizar el modelo generado del proceso del cálculo en la coordinación, lo anterior dependerá de las necesidades del proyecto y la adaptabilidad de nuestro flujo de trabajo.

A continuación se ponen los softwares más populares para la realización del cálculo estructural, algunos de los mismos, tendrán un plugin que permita la integración nativa a los programas de modelado 3d. En caso contrario contarán con la exportación en formato IFC.

“El formato IFC es un archivo open source el cual sus siglas significa *Industry Foundation Classes*, un formato de archivo particular que permite el intercambio de un modelo informativo, sin pérdida o distorsión de datos e información, el cual puede ser leído y modificado por cualquiera, al no ser un formato propietario de alguna empresa de software(<https://biblus.accasoftware.com/es/formato-ifc-y-open-bim-todo-aquello-que-se-debe-saber/>)”

El poder exportar el modelo en IFC no significa que se pueda decir que cumple como un modelo BIM desde el software de cálculo, se tiene que revisar el BEP para confirmar la calidad del entregable y/o parámetros de proyecto.

De la compañía CSI, Computers & Structures, Inc. Contamos con los productos de cálculo por elementos finitos los cuales son SAP2000, CSI Bridge, ETABS, y para cimentaciones SAFE, para integración BIM estos programas cuentan con exportación IFC, así como un plugin

bidireccional con Revit, siendo Revit el programa más popular para realizar BIM, CSixRevit. (<https://www.csiamerica.com/products>)

La compañía Trimble tiene en su catálogo el programa Tekla Structural designer, el cual realiza cálculos por elementos finitos. En el caso de la compatibilidad el software cuenta con exportación en IFC, también con exportación bidireccional con el software tekla Structure de la misma empresa y por último en su tienda de Plugins una variedad de opciones para exportación. (<https://www.tekla.com/la/productos/tekla-structural-designer>)

Autodesk en su catálogo ofrece el programa Robot Structural Analysis profesional, el cual es un software de elementos finitos, el mismo tiene compatibilidad bidireccional con Revit y Advance Steel para detallado de planos de taller, así como ofrecer la opción de exportar/importar archivos en IFC. (<https://www.autodesk.com/products/robot-structural-analysis/overview>)

Por último tenemos CypeCad el cual nos permite hacer análisis estructural de estructuras, uniones, armaduras entre otros, para la compatibilidad Bim nos permite exportar en IFC así como haciendo uso del plugin open BIM-Revit de la misma empresa. (<https://learning.cype.com/es/faq/como-trabajar-con-cype-y-revit/>)

Es importante recalcar que las opciones a nuestro alcance son mayores, se intenta puntualizar que es una opción revisar que el software que usamos en nuestro flujo nos permita cierta libertad al momento de exportar archivos de intercambio, esto con el propósito de no tener que retrabajar el volver a realizar el modelo desde cero en el programa de modelado 3d, y evitar tiempos muertos al tener que actualizar dos modelos al mismo tiempo.

En el apartado de programas de modelado 3d el más popular es Revit de la empresa Autodesk, el cual tiene completa compatibilidad direccional con Robot structural y Advance Steel. Nos permite trabajar con concreto reforzado, estructuras de acero y cimentaciones y edificios mixtos, así como la realización de planos tanto de plantas como de detalles, cuando se utiliza la conexión con robot structural, los resultados del análisis estructuras se pueden consultar desde Revit, sin necesidad de ingresar al robot structural. (<https://www.autodesk.com/products/revit/structural>)

Otra opción que se tiene es el software Tekla Structure, de Trimble, el cual nos permite el modelado de estructuras de concreto reforzado, acero, y mixtos, de manera similar cuenta con integración con el programa tekla Structure Design.

Una tercera opción para el modelado 3d de estructuras es el software archicad, en la cual nos permite realizar modelado de estructuras, así como su documentación. (<https://graphisoft.com/mx/solutions/archicad>)

Conclusiones

Todo lo planteado hasta ahora nos da un panorama general sobre la metodología BIM. Al respecto conviene decir que es un concepto que no es nuevo, pero como se itera a sí mismo en busca de optimizarse se adapta sin importar el tamaño del proyecto que tengamos en mente.

Es importante aclarar que los conceptos estan desarrollados de una manera muy general, amplio y técnico, y muchas veces dependiendo las condiciones, pueden no aplicar todos los conceptos o no incluirse, esto se debe a que se tendrá que buscar la optimización del uso de recursos, tales como de infraestructura como de personal.

Con todo lo anterior, en el material recopilado no se encuentra como abordar de manera práctica diferentes fases de proyectos como lo son, proyectos nuevos, remodelaciones, ampliaciones, demoliciones, con lo cual en este trabajo se compararán BEPS de diferentes proyectos, desde el punto de vista de un especialista estructural, para que se tengan nociones de conceptos para acercarse y adoptar el proceso BIM en su flujo de trabajo.

Revisar anexo 2 para términos y definiciones.

Metodología

Las consideraciones técnicas necesarias para la implementación BIM en un entorno colaborativo, es diferente a lo necesario para realizar un proyecto de manera puntual por especialidad. Los conceptos que son necesarios para llevar a cabo este proceso, se obtendrán a través de una metodología cualitativa.

Se procederá con el método bibliográfico y de estudio de casos.

En el apartado bibliográficos el apoyo será en una primera parte con normativas, estándares tanto nacionales como internacionales, entre los cuales se encuentran BIM Forum, ISO 19650 norma internacional, Nomenclaturas con uniclass 2015 y omniclass.

En la segunda parte se hará una revisión en biblioteca para abarcar temas como lo son, nomenclaturas para nombres, organización, conceptos hidráulicos, eléctricos, estructurales, arquitectónicos, mecánicos.

En el apartado de estudios de casos, se aplicarán a estándares de proyectos; por las necesidades de cada proyecto se tienen variaciones entre los mismo, se estudiarán y se tomarán los conceptos que se repitan entre ellos.

Como otro caso de estudio se tienen Bim Execution Plan, en los que se analizará los softwares, formatos y plataformas disponibles.

Como tercer caso de estudio se revisarán y compararán manuales de software, que sean compatibles, tales, como Revit, Naviswork, Robot Structural, Tekla, All plan, Project, Civil 3d, Achicad, Sap2000, Etabs, entre otros.

Con la recopilación de Información se aborda la resolución del problema ampliando el conocimiento de los sistemas digitales disponibles, enfocando a la cooperación entre especialistas.

Los conceptos se abordan en diferentes etapas, para llevar un orden y seguir el estándar que se aplique en el proyecto.

Se procede a dividir la investigación en varias partes, se llevará el proceso de lo particular a lo colaborativo, terminando con la etapa de gestión/mantenimiento del proyecto.

Parte 1: Se propone una revisión de antecedentes y pequeña descripción y comparativa en tiempos de ejecución entre la metodología CAD y BIM

Parte 2: Investigación de estándares, normativas, programas disponibles.

Parte 3: Configuración de espacio de trabajo local, infraestructura (equipo de cómputo, redes, servidores), nomenclaturas de archivos, carpetas, memorias.

Parte 4: Configuración de Plataforma Colaborativa como, Organigramas, BEP, Cronogramas, Plataformas de colaboración en línea, nomenclaturas de archivos, servidores de entregas, canales de comunicación.

Parte 5. Tipos de Proyectos, diferencias entre proyectos nuevos, remodelaciones, demoliciones ampliaciones, gestión.

Parte 6. Ejecución de proyecto colaborativo, proyecto se inicia el mismo tiempo que las demás especialidades, después de arquitectura. Se revisan ubicaciones de equipos mecánicos y elementos grandes.

Parte 7: Recopilación de Formatos para entregables, durante y al término de proyecto.

Resultados y Discusión

1.-Tipo de Proyecto

Para comenzar en un proyecto BIM, lo primero que se tiene que identificar es el tipo de proyecto en el que vamos a participar. Dependiendo del mismo, la información recibida y la organización del mismo varia.

A continuación se muestra una tabla con los Proyectos, la Empresa responsable de la Gerencia y/o coordinación, tipo del proyecto y etapa del mismo.

PROYECTO	FABRICA BMW	FABRICA BMW	EMERSON	FABRICA GM	OFICINAS WEWORK
GERENCIA	AECOM	GLOBAL PLANING	CHUFANI	WALBRIDGE	EMPRENURBAN/WEWORK
TIPO DE PROYECTO	NAVES INDUSTRIALES CON INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURA	NAVES INDUSTRIALES CON INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURA	NAVE INDUSTRIAL CON INSTALACIONES	EDICIO INDUSTRIAL CON NUEVOS CONVEYORS	OFICINAS
ETAPA DE PROYECTO	PROYECTO NUEVO	REMODELACION	PROYECTO NUEVO	AMPLIACION/EDIFICIO NUEVO	PROYECTO NUEVO

Tabla 6.1-Identificación del tipo y etapa de proyecto. “Elaboración Propia”

Ahora bien, se puede observar que el uso de BIM no solo aplica para proyectos nuevos, se puede incluir en remodelaciones, ampliaciones y demoliciones, asumiendo que serán necesarias para integrar las anteriores.

También se puede recalcar que las empresas/proyectos son de origen extranjero, dándonos a entender que en sus países de origen utilizan metodología BIM, y que obliga a empresas en México a adaptarse y utilizar la misma.

Aquí vale la pena decir que de las empresas gerenciales únicamente se tiene a Chufani como empresa nacional ejecutando la gerencia del proyecto. En el caso de Emprenurban, su proceso gerencial fue mixto, en el cual junto a WeWork tenían que ponerse de acuerdo en revisiones y toma de decisiones de obra y diseño.

2.- Especialidades

Con respecto a las especialidades que conforman los proyectos, es importante identificarlos para poder saber con las especialidades tendremos que tener coordinación, en la tabla siguiente se muestran las especialidades en el proyecto que apliquen.

PROYECTO	FÁBRICA BMW	FABRICA BMW	EMERSON	FÁBRICA GM	OFICINAS WEWORK
GERENCIA	AECOM	GLOBAL PLANING	CHUFANI	WALBRIDGE	EMPRENURBAN/WEWORK
ETAPA DE PROYECTO	PROYECTO NUEVO	REMODELACIONES	PROYECTO NUEVO	AMPLIACIÓN / EDIFICIO NUEVO	PROYECTO NUEVO
AGUA POTABLE					
AGUA TRATADA					
AIRE ACONDICIONADO/CLIMATIZACION					
AIRE COMPRIMIDO					
ARQUITECTURA - ACABADOS					
ARQUITECTURA - DISTRIBUCION					
BAJO VOLTAJE					
CIMENTACIONES					
ESTRUCTURA - CIMENTACION					
ESTRUCTURA - CONCRETO REFORZADO/MAMPONERIA					

ESTRUCTURA - LAMINA/FALDON					
ESTRUCTURA - ACERO					
ESTRUCTURA - TECHO/AZOTEA					
GAS NATURAL					
ILUMINACIÓN					
MEDIO VOLTAJE					
PLUVIAL					
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO/ALARMA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO					
REDES GENERALES - ABASTECIMIENTO DE AGUA					
REDES GENERALES - DRENAJES					
REDES GENERALES - LUMINARIAS					
REDES GENERALES - MEDIA TENSION					
REDES GENERALES - TECNOLOGÍAS					
REDES GENERALES- PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO					
SANITARIO					
TECNOLOGIAS - CCTV					
TECNOLOGIAS - CONTROL DE ACCESOS					

TECNOLOGIAS - DATOS					
TECNOLOGIAS - VOZ Y AUDIO					
TUBERIAS DE PROCESO					
VIALIDADES/BANQUETAS					

Tabla 6.2-Identificación de los alcances en proyecto. “Elaboración Propia”

Ahora bien, se puede ver que con la metodología BIM se puede adaptar únicamente a las necesidades del Cliente/proyecto, con lo anterior podemos darnos una idea de la magnitud y complejidad del proyecto, pudiendo tener una aproximado de especialistas que están involucrados en los proyectos. Puede agregarse que dependiendo de la especialidad con la que tengamos participación podremos darnos idea del tipo de interacción con los demás involucrados.

En principio la especialidad que manda, así como en orden de prioridad es la arquitectura, ya que a final de cuentas es la que cumple la distribución y necesidades del cliente. Después de la arquitectura la que sigue en jerarquía todo lo estructural, desde la cimentación hasta la techumbre dependiendo del proyecto, debido a que es el esqueleto que contiene todas las especialidades.

Por último se genera una jerarquía dependiendo de las necesidades del cliente, debido a que en algunos proyectos puede ser más prioritario los sistemas a gravedad y en otros proyectos las tuberías de proceso.

Como excepción a la jerarquía anterior, se pueden encontrar casos en los que la arquitectura y la estructura sea tercera en jerarquía debido a que en ocasiones se le da prioridad a alguna especialidad y las dos anteriores se tengan que ajustar a este requerimiento. Lo anterior, será coordinado por el Coordinador BIM o BIM Manager asignado por las gerencias de cada proyecto.

3.- Archivos / Información recibidos

Cuando se inicia una participación en un proyecto BIM es importante estar consciente de que los proyectos estarán estructurados de manera en la cual se ajuste al cliente, así como la información que cada cliente/gerencia determine suficiente para dar inicio al proyecto.

PROYECTO	FABRICA BMW	FABRICA BMW	EMERSON	FABRICA GM	OFICINAS WEWORK
GERENCIA	AECOM	GLOBAL PLANING	CHUFANI	WALBRIDGE	EMPRENURBAN/WEWORK
TIPO DE PROYECTO	NAVES INDUSTRIALES CON INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURA	NAVES INDUSTRIALES CON INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURA	NAVE INDUSTRIAL CON INSTALACIONES	EDIFICIO INDUSTRIAL CON NUEVOS CONVEYORS	OFICINAS
ETAPA DE PROYECTO	PROYECTO NUEVO	REMODELACIONES	PROYECTO NUEVO	AMPLIACION EDIFICIO NUEVO	PROYECTO NUEVO
ANEXOS(NOMENCLATURAS Y CODIFICACIONES)					
ANTEPROYECTO BIM/IFC					
ANTEPROYECTO BIM/REVIT					SOLO ARQUITECTURA
ANTEPROYECTO CAD					
ANTEPROYECTO PDF					

BIM EXECUTION PLAN	DENTRO DE OTRO DOCUMENTO	DENTRO DE OTRO DOCUMENTO		DENTRO DE OTRO DOCUMENTO	DENTRO DE OTRO DOCUMENTO
ESTANDAR DE PLANOS					
ESTANDARES BIM DE EDIFICIOS					
ESTANDARES DE ESPACIOS Y SISTEMAS					
ESTANDARES DE MODELO					
PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTO					

Tabla 6.3-Identificación de la documentación recibida para proyecto. “Elaboración Propia”

En relación a la información recibida, esta esta puede ser recibida en varios posibles escenarios:

Cuando se recibe la invitación para participar en el proyecto (licitación, concurso o invitación directa); en cuanto a recibir la invitación del proyecto, muchas veces con revisar la información recibida, se puede hacer un estimado sobre la cantidad de recursos, especialistas y tiempo para culminar el proyecto es necesario, en consecuencia si es viable dar el siguiente paso en realizar un presupuesto, puesto que en la mayoría de los casos lo tiempos son ajustados y podríamos llegar a tener una multa por incumplimiento de contrato.

Cuando se solicita un presupuesto para participar en el proyecto; ahora bien, cuando se pasa a elaborar un presupuesto, es importante tener en cuenta la ejecución del proyecto, debido a que hay dos posibles escenarios, primeramente se hace el proyecto BIM sin iniciar el proceso de construcción, segundamente arrancar el proceso de obra un tiempo despues de arrancar el proyecto BIM, con todo lo anterior se puede determinar el tiempo en el que se estará dando seguimiento al proyecto en el que participe.

Cuando se hace el arranque del proyecto; en relación al arranque del proyecto, por lo general se recibe una ingeniería básica, y conforme el proyecto lo necesite se realizan los recálculos y ajustes necesarios, con la autorización y conocimiento de la gerencia.

Con todo lo anterior es importante recalcar que mientras más información se tenga disponible antes de iniciar un proyecto BIM, ayuda a tener un panorama completo de los requerimientos del proyecto, revisando la tabla anterior se observa que un proyecto nos indica un estándar de planos, dentro del cual nos indican ciertas configuraciones especiales que se tendrá que considerar el personal extra que eso conlleva.

Lo dicho hasta aquí se resume a que se debe tener cuidado al recibir la documentación, la información recibida no siempre será la misma, así como los requerimientos entre proyectos, pero la misma es similar, en otras palabras, si no hay un estándar/requerimiento específico no significa que no aplique en el proyecto, se debe de consultar con la gerencia, debido a que puede ser algo que no esté listo para ser aplicado o no se requiera que cumpla muchos requisitos.

4.- Elección de Software

Antes de continuar, debe insistirse que el uso de un software en específico no implica que se trabaje en BIM, por lo general las empresas usan el software más popular, para poder hacer la coordinación de manera más fácil y fluida, esto viene indicado en la documentación que entregan a los contratistas.

PROYECTO	FABRICA BMW		FABRICA BMW	
GERENCIA	AECOM		GLOBAL PLANING	
	MODELO 3D / COORDINACIÓN	MEMORIAS	MODELO 3D / COORDINACIÓN	MEMORIAS
ARQUITECTURA	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
TERRACERIAS	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA	N/A	N/A
INFRAESTRUCTURA / MEP	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
VIALIDADES / BANQUETAS	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA	N/A	N/A
ESTRUCTURA	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA	N/A	N/A
INSTALACIONES MECANICAS	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
INSTALACIONES MEP	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
INSTALACIONES ELECTRICAS	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
INSTALACIONES TECNOLOGIAS	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA

Tabla 6.4-Identificación del software a utilizar. “Elaboración Propia”

PROYECTO	EMERSON	
GERENCIA	CHUFANI	
	MODELO 3D / COORDINACIÓN	MEMORIAS
ARQUITECTURA	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
TERRACERIAS	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
INFRAESTRUCTURA / MEP	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
VIALIDADES / BANQUETAS	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
ESTRUCTURA	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
INSTALACIONES MECANICAS	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
INSTALACIONES MEP	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
INSTALACIONES ELECTRICAS	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
INSTALACIONES TECNOLOGIAS	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA

Tabla 6.5-Identificación del software a utilizar. “Elaboración Propia”

PROYECTO	FABRICA GM		OFICINAS WEWORK	
GERENCIA	WALBRIDGE		EMPRENURBAN/WEWORK	
	MODELO 3D / COORDINACIÓN	MEMORIAS	MODELO 3D / COORDINACIÓN	MEMORIAS
ARQUITECTURA	N/A	N/A	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
TERRACERIAS	N/A	N/A	N/A	N/A
INFRAESTRUCTURA / MEP	N/A	N/A	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
VIALIDADES / BANQUETAS	N/A	N/A	N/A	N/A
ESTRUCTURA	REVIT / NAVISWORK	NO ESPECIFICA	N/A	N/A
INSTALACIONES MECANICAS	N/A	N/A	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
INSTALACIONES MEP	N/A	N/A	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
INSTALACIONES ELECTRICAS	N/A	N/A	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA
INSTALACIONES TECNOLOGIAS	N/A	N/A	REVIT / NAVISWORK	REVISAR CON GERENCIA

Tabla 6.6-Identificación del software a utilizar. “Elaboración Propia”

Con respecto a la elección de software, al año de 2024 Autodesk Revit es el programa elegido por todas las empresas, es importante recalcar que la única excepción encontrada se tiene en especialidades de infraestructura y vialidades, en los cuales se pide el uso de Civil 3D.

Se debe agregar que debido a la cantidad de especialidades que tiene cada proyecto, se puede concluir la adaptabilidad del software de Autodesk, pero al mismo tiempo nos implica que se tendrá que tener una mayor curva de aprendizaje si deseamos trabajar todas las especialidades con el alcance de modelador BIM.

Caso contrario, si únicamente nos enfocamos en una sola especialidad, se podrá mejorar nuestro flujo de trabajo, así como la calidad en nuestras entregas y coordinación con otros contratistas. Acerca de las memorias, no nos especifican o nos exigen los cálculos en un programa en especial, al tener la opción de revisar con la gerencia, se nos brinda la flexibilidad de realizar estos en los programas que mejor nos acomodememos, solicitando los resultados en formatos ampliamente usados, tales como formatos Word, Excel, y pdf, siendo los más usados.

Por último, la coordinación en todos los proyectos se realiza en Navisworks, el cual tiene dos versiones, Naviswork Manage, el cual es el que se utiliza para las actividades de coordinación y armado de la maqueta digital, esto es debido a la capacidad que tiene dicho programa para poder abrir una gran variedad de formatos tales como; archivos de Navisworks, 3Dstudio, PDS, ASCII, CATIA, CIS/2, Micro station Design, DWF, DWG, FBX, IVC, IGES, RVT, SketchUp, entre otros.

De esta manera se tiene un Modelo con compatibilidad sin importar el software que se utilice, ahora bien, el detalle que se puede llegar a tener se refiere a que se tendrá que actualizar el Modelo de coordinación en naviswork para poder revisar interferencias.

La otra versión es Naviswork Freedom, la cual únicamente sirve para visualizar la maqueta virtual, obtener vistas, sacar medidas y revisar trayectorias.

5.- Calidad del modelo y/o alcance.

Cuando se habla de calidad del modelo, también se podrá interpretar como alcance del mismo, debido a que esto nos determinará el tiempo en el cual se deberá cumplir con los requisitos del mismo.

PROYECTO	FABRICA BMW	FABRICA BMW	EMERSON
GERENCIA	AECOM	GLOBAL PLANING	CHUFANI
TIPO DE PROYECTO	NAVES INDUSTRIALES CON INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURA	NAVES INDUSTRIALES CON INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURA	NAVE INDUSTRIAL CON INSTALACIONES
CALIDAD LOD REQUERIDA	LOD 500	LOD 500	LOD 500
	REFERENCIADO A BIM FORUM	REFERENCIADO A BIM FORUM	REFERENCIADO A BIM FORUM
	PARAMETROS COMPARTIDOS PARA MANTENIMIENTO	PARAMETROS COMPARTIDOS PARA MANTENIMIENTO	PARAMETRO CLASIFICACION UNIFORMAT
		ACTUALIZACION DE PLANOS Y MODELOS DE FASE ANTERIOR	

Tabla 6.7-Identificación de alcance o calidad requerida. “Elaboración Propia”

PROYECTO	FABRICA GM	OFICINAS WEWORK
GERENCIA	WALBRIDGE	EMPRENURBAN/WEWORK
TIPO DE PROYECTO	EDICIO INDUSTRIAL CON NUEVOS CONVEYORS	OFICINAS
CALIDAD LOD REQUERIDA	LOD 350	LOD 450
	REFERENCIADO A BIM FORUM	REFERENCIADO A BIM FORUM
		REFERENCIADO ESTÁNDAR INTERNO WEWORK

Tabla 6.8-Identificación de alcance o calidad requerida. “Elaboración Propia”

En el caso de los proyectos solicitados en LOD 500 se debe tener en cuenta con el tiempo de ejecución de obra, debido a que se deberá plasmar los ajustes realizados en obra y confirmar las trayectorias de los mismos.

Sobre los requerimientos extras se debe poner atención extra, lo cual significa que se tendrá que dedicar más tiempo o en su caso hacer configuraciones desde un inicio para no recaer en retrabajos y tiempos perdidos que se tendrán que absorber.

Acercas de los proyectos que no tienen demasiados requisitos extras, se pueden completar de manera más eficiente en relación a la cantidad de detalles que se requieren. En otras palabras

mientras menos detalles nos soliciten menor tiempo de completar las tareas nos tomará. Se entienden como detalles todos los extras como lo son calidades de elementos 3d, parámetros, materiales, entre otros.

6.- Entorno de trabajo colaborativo

Sobre el entorno de trabajo colaborativo se refiere a la plataforma en la cual se albergarán los archivos/modelos necesarios para la coordinación del proyecto. Esta plataforma es proporcionada por la gerencia del proyecto y tiene que cumplir los requisitos propios de la misma. En algunas ocasiones en el transcurso del proyecto puede ocurrir una migración de la misma a otro servidor, en este caso la gerencia se encarga de notificar a todos los participantes de las instrucciones para la migración exitosa de la misma.

PROYECTO	FABRICA BMW	FABRICA BMW	EMERSON	FABRICA GM	OFICINAS WEWORK
GERENCIA	AECOM	GLOBAL PLANING	CHUFANI	WALBRIDGE	EMPRENURBAN/WEWORK
TIPO DE PROYECTO	NAVES INDUSTRIALES CON INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURA	NAVES INDUSTRIALES CON INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURA	NAVE INDUSTRIAL CON INSTALACIONES	EDIFICIO INDUSTRIAL CON NUEVOS CONVEYORS	OFICINAS
METODO COLABORATIVO / DATA ENVIRONMENT	PROJECT WISE	N/A	GOOGLE DRIVE	ONE DRIVE (MICROSOFT)	BIM 360
CANALES DE COMUNICACION	E-MAIL ZOOM WHATSAPP JUNTA DE COORDINACION PRESENCIAL	E-MAIL	E-MAIL TEAM WHATSAPP	E-MAIL	E-MAIL SLACK WHATSAPP BIM 360 GOOGLE MEETS ZOOM

Tabla 6.6-Identificación de los canales oficiales de contacto a utilizar. “Elaboración Propia”

Se puede observar que dependiendo de la magnitud del proyecto se tienen soluciones con un rango muy variado tanto en costo, configuraciones, seguridad y configuraciones disponibles. Project Wise es una plataforma de gestión de la compañía Bentley, la cual nos permite gestionar documentos, visualización de documentos, control de transmittals, rfigs, entre otros, Integración en diseño mediante plugins para los programas más populares de BIM, en el caso del proyecto BMW esta plataforma se utilizó de dos maneras debido a la mala conectividad de internet en la obra, primeramente, como una plataforma de almacenamiento y acceso a los modelos más reciente, y secundamente, para los contratistas en modo de trabajo remoto, utilizaban los plugins de la plataforma y trabajaban todo desde la misma.

Google drive es la plataforma de almacenamiento en la nube de Google, nos permite guardar y compartir archivos con una conexión a internet mediante links o acceso a carpeta, ofrece una aplicación en la cual se puede sincronizar de forma automática la información, en el caso del proyecto Emerson, se utiliza para subir los archivos y que los demás involucrados los tengan disponibles.

One drive es la plataforma de almacenamiento en la nube de Microsoft, tiene las mismas características de Google Drive, en el proyecto ampliación de GM se participó con el modelado de un edificio de acero, únicamente se nos solicitaba compartir el modelo para que las demás especialidades revisaran su coordinación.

Autodesk BIM 360 es la plataforma para gestión de proyectos BIM por parte de Autodesk, propietario de REVIT, la cual incluye total integración con todos los productos de Autodesk, principalmente Revit. Es la plataforma ideal para realizar los proyectos BIM debido a que se tienen mejor control de versiones, los cuales pueden ser usados como respaldos, también cuenta con un visor de planos, en los cuales se pueden hacer revisiones y anotaciones, por último también se puede utilizar como disco duro en la nube y almacenar toda la información pertinente del proyecto.

Caso contrario a todo lo anterior en el proyecto BMW no se nos especificó un servidor, esto se debe a que se manejó de manera interna con un servidor local, ya no era necesario para la gerencia revisar los archivos en el proceso, únicamente se realizó seguimiento mediante planos en el proceso de obra y al finalizar la misma se realizó la entrega de los modelos.

En relación con los canales de comunicación, se hace uso de las herramientas digitales disponibles, en algunos casos la comunicación es con la misma plataforma en la que se trabaja la coordinación. En caso contrario las juntas de coordinación se realizan en su mayoría por medio de video llamadas utilizando la herramienta que el cliente indique, razón por la cual en ese sentido se tiene variaciones, las mismas que no afectan al resultado de las mismas, aquí vale añadir que se debe buscar la adaptabilidad.

Revisar anexo 5 para ver ejemplos

7.- Nomenclatura de archivos

Una parte importante de cualquier proyecto es el nombre que le asignamos a los archivos que se generan/comparten/reciben, en proyectos pequeños en los que no únicamente se generan menos de 10 archivos puede no resultar muy atractivo tener una nomenclatura para estos, en caso contrario en un proyecto colaborativo es necesario tener una nomenclatura tanto para archivos como para carpetas, así como un orden para lo anterior (Consultar Anexo 4 para más detalles).

PROYECTO	FABRICA BMW	FABRICA BMW	EMERSON
GERENCIA	AECOM	GLOBAL PLANING	CHUFANI
FILE NAMING	01_#EDIFICIO_NOMBRE EDIFICIO_ESPECIALIDAD	N/A	ETAPA_AÑO_#PROYECTO- ACRONIMO-DISCIPLINA- EDIFICIO-EXTENSION
EJEMPLO	01_201_OFICINAS_STRU	SE UTILIZA ARCHIVOS ETAPA ANTERIOR	P2401-UNACH-ST- LAB.RVT

PROYECTO	FABRICA GM	OFICINAS WEWORK
GERENCIA	WALBRIDGE	EMPENURBAN/WEWORK
FILE NAMING	#PROYECTO_NOMBRE DEL PROYECTO_ABREVIATURA CONTRATISTA_-_NIVEL DE DESPLANTE_- _INGENIERIA_SISTEMA	MERCADO-NOMBRE PROPIEDAD-#PROYECTO- NOMBRE ARCHIVO
EJEMPLO	2024GPSUNACH-L01-S-IA	"TUXTLA-UNACH- PROJECT1- STRUCTURE.RVT"

Tabla 6.7-Identificación de nomenclatura para archivos. “Elaboración Propia”

En la tabla anterior se puede observar que cada proyecto maneja una nomenclatura diferente, sin embargo consideran identificadores generales como por ejemplo; número y/o nombre de proyecto, especialidad, y edificio.

Con lo anterior aplicado en la práctica, se vuelve más fácil para cualquier persona involucrada en el proyecto identificar y acceder más rápido a la información/modelo que se busca.

Por último, en los proyectos BIM, en ocasiones la misma nomenclatura aplica a planos y modelos, y en otros se utiliza otra nomenclatura para planos y/o documentación. Con esto se busca tener un orden en los archivos que se van generando.

Conclusiones

Se puede concluir, que la investigación realizada a partir de la comparativa de la documentación que contiene estándares y requisitos por proyecto, con lo anterior se logró identificar los programas y plataformas que actualmente se utilizan.

En el caso de tipo de proyecto, se concluye que se deberá tener como prioridad analizar los alcances de los proyectos en los que participemos con referencia al tiempo que tardaremos en cumplir con los requerimientos solicitados. Esto debido a que el tamaño de los mismos y sus requisitos vendrán de la mano.

Sobre la cantidad de herramientas disponibles referentes a programas computacionales sería difícil tratar de decir cuál es la correcta para nuestro flujo, debido a que las tendencias e innovación son muy cambiantes y el mercado siempre buscara hacer uso de lo que sea más efectivo, con lo cual se concluye que se tendrá que hacer un esfuerzo extra para poder estar a la par de lo que se necesite.

Un problema que se encontró durante la etapa de investigación, es sobre que la mayoría de la bibliografía se enfoca a realizar el modelado e integración de datos a elementos 3d, esto también se debe a que como se mencionó al principio es difícil tratar de englobar tantas variables para desarrollar una bibliografía que únicamente será válida para un solo proyecto.

Puede agregarse que queda sin resolver como tener una métrica/relación entre tiempo/calidad en la ejecución de la metodología BIM, ya que se encuentra información sobre calidades y detalles, pero no se encontró de momento bibliografía que nos indique tiempos de ejecución con relación a lo anterior, Debido a que todo se rige a final de cuentas en cuestiones monetarias, da apertura a una futura investigación para tratar de tener una métrica.

Por último, se cumple de manera muy básica la identificación de las consideraciones iniciales para aplicar la metodología Bim, esto debido a que únicamente se pudo dar una pequeña ayuda en la identificación en los conceptos que se repiten en todos los documentos analizados.

Se espera que este documento ayude a todos los profesionistas que tengan la oportunidad de participar en un proyecto BIM a que no se vean abrumados por la cantidad de información y

requisitos solicitados y disfruten el proceso de ser parte de algo que está empezando a ser requisito en el área de la construcción.

Referencias

- Bedrick, J., Ikerd, W., y Reinhardt, J. (2019). *Level of Development (Lod) Specification Part I and Comentary*. BIM FORUM. <https://studylib.net/doc/25305851/lod-spec-2019-part-i-and-guide-2019-04-29>
- Bedrick, J., Ikerd, W., y Reinhardt, J. (2020). *Level of Development (Lod) Specification Part I and Comentary*. BIM FORUM. <https://ascendbkf.org/resources/Documents/LOD%20Spec%202020%20Part%20I%202020-12-31.pdf>
- Bedrick, J., Ikerd, W., y Reinhardt, J. (2020). *Level of Development (Lod) Specification Part I and Comentary*. BIM FORUM. <https://static1.squarespace.com/static/5c79ba78d86cc901d588becf/t/620836c8fb92626468ba0d4e/1644705490974/lod+spec+2021+part+i+-+final+2021-12-28.pdf>
- De Fuentes Ruiz, Á. (2021). *CYPE y BIMserver.center. Cómo hacer tu proyecto BIM*. Difusora Larousse - Anaya Multimedia.
- Delgado Vendrell, D. Martín Dorta, N. y Muñoz, S. (2023). *Manual de nomenclatura de Documentos al utilizar BIM. Building SMART*.
- Delgado Vendrell, D. Martín Dorta, N. y Muñoz, S. (2023). *Nomenclatura y Codificación de Planos en Modelo*. Building SMART.
- Miller, H. & Miller, H. (2013). *BIM - Building Information Modeling*. ANI - Academia Nacional de Ingeniería.
- Poljanšek, M. (2017). *Bim Standard Buildings_V001*. Doi:10.2760/36471
- Poljanšek, M. (2020). *Bim Standard Buildings_V001*. Doi:10.2760/36471
- Reyes Rodríguez, M. A., Garrido, A. & Cordero, P. (2019). *REVIT MEP y REVIT Structure + Navisworks*. Difusora Larousse - Anaya Multimedia.
- Walbridge. (2023). *Model Specs GM. Specifications to model GM DUE-2 level*.

WeWork. (2018). *Project Execution Plan. Version 3.1*

WeWork. (2018). *Spaces and Systems Standards.*

Anexos

Anexo 1 :Definición basica de LOD en BIM Forum versión 2021

Level of Development Specification
Version: 2021

Part I

www.bimforum.org/lod

FUNDAMENTAL LOD DEFINITIONS⁴

Level of Development vs. Level of Detail

LOD is sometimes interpreted as Level of *Detail* rather than Level of *Development*. This Specification uses the concept of Level of *Development*. There are important differences.

Level of *Detail* is essentially how *much* detail is included in the model element. Level of *Development* is the *degree to which the element's geometry has been thought through* – the degree to which project team members may rely on the information when using the model.

In essence, Level of Detail can be thought of as input to the element, while Level of Development is reliable output.

It is important to note that the international terminology regarding Level of Development and Level of Detail varies. Some countries refer to the Level of Development concept defined within this specification as the Level of Detail and use different numbering systems.

LOD 100

The Model Element may be graphically represented in the Model with a symbol or other generic representation, but does not satisfy the requirements for LOD 200. Information related to the Model Element (i.e. cost per square foot, tonnage of HVAC, etc.) can be derived from other Model Elements.

BIMForum interpretation: LOD 100 elements are not geometric representations. Examples are information attached to other model elements or symbols showing the existence of a component but not its shape, size, or precise location. Any information derived from LOD 100 elements must be considered approximate.

LOD 200

The Model Element is graphically represented within the Model as a generic system, object, or assembly with approximate quantities, size, shape, location, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.

BIMForum interpretation: At this LOD elements are generic placeholders. They may be recognizable as the components they represent, or they may be volumes for space reservation. Any information derived from LOD 200 elements must be considered approximate.

LOD 300

The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object or assembly in terms of quantity, size, shape, location, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.

BIMForum interpretation: The quantity, size, shape, location, and orientation of the element as designed can be measured directly from the model without referring to non-modeled information such as notes or dimension call-outs. The project origin is defined and the element is located accurately with respect to the project origin.

LOD 350

The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object, or assembly in terms of quantity, size, shape, location, orientation, and interfaces with other building systems. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.

BIMForum interpretation. Parts necessary for coordination of the element with nearby or attached elements are modeled. These parts will include such items as supports and connections. The quantity, size, shape, location, and orientation of the element as designed can be measured directly from the model without referring to non-modeled information such as notes or dimension call-outs.

⁴ The definitions for LOD 100, 200, 300, 400, and 500 included in this Specification represent the updated language that appears in Contract Document G202–2013, Project Building Information Modeling Protocol Form. The LOD 100, 200, 300, 400 and 500 definitions are used by permission. Copyright © 2013. ACD Operations, LLC. All rights reserved. LOD 350 was developed by the BIMForum working group. Copyright © 2013. The BIMForum and ACD Operations. All rights reserved.



LOD 400

The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object or assembly in terms of size, shape, location, quantity, and orientation with detailing, fabrication, assembly, and installation information. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.

BIMForum interpretation. An LOD 400 element is modeled at sufficient detail and accuracy for fabrication of the represented component. The quantity, size, shape, location, and orientation of the element as designed can be measured directly from the model without referring to non-modeled information such as notes or dimension call-outs.

LOD 500 [NOT USED]

The Model Element is a field verified representation in terms of size, shape, location, quantity, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Elements.

BIMForum interpretation. Since LOD 500 relates to field verification and is not an indication of progression to a higher level of model element geometry or non-graphic information, this Specification does not define or illustrate it.

Example – Light Fixture:

- | | | |
|----|-----|---|
| 1) | 100 | cost/sf attached to floor slabs |
| 2) | 200 | light fixture, generic/approximate size/shape/location |
| 3) | 300 | Design specified 2x4 troffer, specific size/shape/location |
| 4) | 350 | Actual model, Lightolier DPA2G12LS232, specific size/shape/location |
| 5) | 400 | As 350, plus special mounting details, as in a decorative soffit |



3 TERMS AND DEFINITIONS

3.1 Basic BIM Terms and Definitions

- **2D:** Displaying object geometry and location on a plane (X / Y coordinates).
- **3D:** Displaying object geometry and location in the three-dimensional space (X / Y / Z coordinates).
- **Author:** A designer who creates files, model elements, drawings and other model documentation.
- **Attribute:** Data block that partially describe properties of an item or a library element.
- **Building Information Model (BIM Model):** Digital representation of physical and functional characteristics of the construction object serving as a common knowledge base during its lifecycle (design, construction, operation and modernization).

A BIM model in a native format is a 3D representation of the construction object, where every element is linked to the model database and element's 2D image in views/drawings. If an element (or its associated information) is modified in a model, the modification is reflected in the database and in views/drawings.

- **Building Information Modeling:** Collaborative process of creation and management of the construction object data, forming the basis for decision making throughout the entire life cycle.
- **BIM Project:** Design of the construction object created using Building Information Modeling (BIM) technology.
- **BIM Uses:** Methods of using BIM in various stages of the construction object's life cycle in order to achieve one or more project objectives.
- **BIM Execution Plan (BEP):** A technical document created by a design company for internal use, as well as for passing to subcontractors. Describes technology aspects of the BIM project development. Specifies the goals and objectives of information modeling, the rules of file naming, the strategy of model spatial division, the required levels of detail in the various design stages, the roles of the process stakeholders and other aspects.
- **Level of Development (LOD):** The level of development of a building information model (BIM) element. LOD sets the minimum amount of geometric, spatial, quantitative, as well as any attribute information necessary for modeling at a particular stage of the construction object life cycle. Thus, LOD consists of two components: a geometric LOD (G) and an attributive LOD (I).
- **Element:** Part of the building information model representing the component, system or assembly within the construction object and/or the construction site.

- **Component (Autodesk Revit Loadable Family):** An individual element that can be reused, such as a door, furniture, facade panel, etc.
- **Graphical Data:** Data represented by means of geometry shapes properly arranged in space.
- **Attribute Data:** object information that can be represented in the alphanumeric form.
- **Common Data Environment (CDE):** The single source of information for the project, used to collect, manage and disseminate documentation, the graphical model and non-graphical data for the whole design team (i.e. all design information whether created in a BIM environment or in a conventional data format). Creating this single source of information facilitates collaboration between design team members and helps avoid duplication and mistakes.
- **Work In Progress Area:** CDE information which is currently in production and has not yet been checked and verified for use outside of the authoring team.
- **Shared Area:** CDE information that has been checked and approved and is made available across the design team such as information for data exchange between disciplines. Used for coordination and collision detection.
- **Published Area:** CDE information that refers to documents and other data generated from Shared information.
- **Archive Area:** All output data from the BIM, including published, superseded and "As Built" drawings and data.
- **Aggregated Model:** Assembly of distinct models to create a single, complete model of the construction object.
- **Collision Detection:** Process of finding design errors resulting geometric intersections such as the intersection of two or more objects, violations of tolerances or logical dependencies between elements, etc.
- **Employer Information Requirements (EIR):** BIM project owner requirements defining the information to be provided to the owner throughout the design development, as well as the requirements for information standards and regulations that the project participants shall adhere to.
- **Information Exchange:** Collection and presentation of information that meets the requirements for its format and degree of confidence in a pre-set stage of the project.
- **RVT:** Basic Autodesk Revit model file format.

- **DGN:** Basic Microstation model file format.
- **RTE:** Autodesk Revit template file.
- **RFA:** Autodesk Revit loadable family file.
- **RFT:** Autodesk Revit family template file, used for creating new families. Each Revit category has its own family template.
- **NWC:** Autodesk Navisworks file format enabling data exchange.
- **NWD:** Autodesk Navisworks Document file format. Intended for batch saving all model data into a single file and transfer to third parties. Transfer settings are configurable.
- **NWF:** The basic Autodesk Navisworks working file format. Contains links to the loaded design files by discipline, as well as all viewpoints, animations, construction simulations, collision checks and information model environment.
- **DWG:** The native file format for AutoCAD data files.
- **PDF:** Cross-platform electronic document format developed by Adobe Systems. There are many PDF viewers, including the official Adobe Reader.
- **DWF:** An open file format developed by Autodesk for sharing, viewing, printing and reviewing design data. Opens in the free Autodesk Design Review software, as well as in Web browsers and on mobile devices using the Autodesk 360 cloud-based services. The DWF information may also be used in Revit and AutoCAD.
- **ADSK:** Files for the exchange of information between Autodesk Revit / AutoCAD Civil 3D and Autodesk Inventor / Autodesk Revit.
- **BCF:** File format for exchange of notes/comments related to the design. Attaching the screenshots is supported.
- **DWT:** Template file in AutoCAD and AutoCAD Civil 3D.
- **IFC:** Industry-standard open and versatile format for BIM data exchange.
- **gbXML (Green Building XML):** An open XML-based format for storing and exchanging geometric information on building envelopes. It is used to transfer data from BIM models to thermal performance calculation software.

Anexo 3: Terminos y deficiones basicos en Revit “BMW. (2017). Bim Standard Buildings_V001”

3.2 Basic Autodesk Revit Terms and Definitions

- **Category:** A group of elements used for the construction object modeling: windows, doors, walls, floors etc. Categories are classified depending on their purpose:

- model categories;
- view categories;
- annotation categories.

Each category has its own set of properties and parameters, as well as the behavior and interaction rules. Categories cannot be created or edited by users.

- **Families:** Groups of elements with a common set of parameters, identical use, and similar graphical representation.
- **System Families:** Are created and edited in dialog mode; follow the severe system restrictions. Can be only stored within project files, templates and families.
- **Loadable Families:** Are created and edited in the built-in editor by means of combining the geometry elements, constraints and parameters. Can be stored within project files, templates and families, as well as in separate RFA files.
- **In-place Families:** Are created and edited in-place within the design file, in the family editor by means of combining the geometry elements, constraints and parameters. Establishing the geometric constraints with other design elements is possible.
- **Nested Families:** Loadable families used inside other families; can be constrained. Ignored in quantities/schedules.
- **Shared Families:** Nested families that can be counted towards the quantities/schedules.
- **Types:** Family elements differing by the property/parameter values.
- **Elements:** Data instances that get individual location/relation properties and parameters within the design.
- **Type Catalog:** A logical sequence of loadable family data in TXT format with the appropriate file naming. Using catalogs allows to only load the needed types in a large loadable family.
- **Templates:** Preconfigured files that are used to create new designs and families.
- **Family Templates:** Templates containing the required baseline data and settings to create certain categories of new loadable families.

- **Design Templates:** Templates containing the required baseline data and settings to create new designs for certain disciplines. Also define which kinds of design documentation shall be released.
- **Worksets:** Collections of model elements, families, views and settings. Supports appointment of the owner and the borrower for the processes of team work:
 - **Owner:** User who has the right to edit model elements and worksets.
 - **Borrower:** User who only has the temporary right to edit workset elements.
- **Repository File (Central File):** Design file that contains the worksets and is stored in a network folder that is accessible to all project participants.
- **Local File:** A copy of the repository file created by opening it and immediate resaving to a local folder. Another way to get the local file is opening the repository file with *Create New Local* option enabled. The folder for storing a local file is set in *Options* dialog under *Default path for user files*. Changes in local files are synchronized with the central file.
- **Family Editor:** A special Autodesk Revit work environment; contains only tools needed for family creation.
- **Parameter:** Property of a Revit element which can be formed and set either while creating a family in the Family Editor or in the design file itself. Parameters allow you to change the element without editing it in the Family Editor.
- **Project Parameter:** A parameter that is created in the design file and can be assigned to any element category. It can be counted towards the schedules. Inclusion of project parameters into tags is not supported.
- **Shared Parameter:** A parameter that can be included into schedules and tags; it can be shared across various projects. You need to specify the file for storing a common parameter during its creation. If the file does not exist, it shall be created in the process of the design development.
- **Shared Parameter File:** A structured file of TXT format; contains the shared parameter definitions.
- **View:** Display of the model data in various perspectives, sections and representations. There are graphic views (plans, sections etc.) and text views (schedules etc.)
- **Project Browser:** Autodesk Revit control that displays the hierarchy of all views, schedules, sheets, families and groups.
- **Unique Reference System:** The file containing the definition of absolute and relative coordinates of the project, as well as the direction of true north. There is only one Unique reference system file in each project. Its main role is the spatial coordination of all BIM model disciplines.

- **Space Decomposition File:** The file containing grid axes and levels. It shall be loaded as a link into all discipline design files. Axes and levels in these files are created then by means of Copy/Monitor tool. That makes possible to centrally control the position of the grid axes and levels throughout the whole design.
- **Shared Coordinates:** absolute and relative coordinates of the project that are shared by all design disciplines through the Unique reference system.
- **Grid Axes:** Elements of horizontal space decomposition in the BIM model.
- **Levels:** Elements of vertical space decomposition in the BIM model (by floor and by key elevation).

Anexo 4: Estructura de Folders y nomenclaturas de archivos y documentos.

4.4 Folder Structure and Naming Conventions

Central Project Folder Structure

Projecwise will be used as the central server, standard paths shall be followed when uploading, centralizing and updating links in the Central Server. The following file structures are mandatory when uploading Revit (fig 2) and Navisworks Models (fig 1)



Figure 2

Central Resource Library Folder Structure

Standard templates, drawing borders, families and other non-project-specific data (Fig.3) shall be held within the server based Central Resource Library, with restricted write access.



Figure 3 Central Resource Library

4.5 General Model File Naming Conventions

The following naming rules and conventions represent the naming system.

General rules for model files naming:

- All fields shall be separated by a hyphen character “_”.
- Using spaces is not recommended.
- All fields in the file name are uppercase characters.
- Abbreviations and codes shall be used and specified in the BEP for disciplines.
- The following characters shall be avoided in names:
 - , . ! £ \$ % ^ & () { } [] + = @ ' ~ # ~ ` ` `

All naming rules conventions must be followed and remain unchanged from start to finish to avoid lost links in general coordination file. Refer to Table 1 for naming example.

Table 1

FILE NAMES FOR MODELS SHOULD BE FORMATTED AS:	
BID PACKAGE_BUILDING NUMBER_BUILDING NAME_DISCIPLINE	
ARCHITECTURAL MODEL	01_BUILDING NUMBER_BUILDING NAME_ARCH
CIVIL MODEL	01_BUILDING NUMBER_BUILDING NAME_CIV
MECHANICAL MODEL	01_BUILDING NUMBER_BUILDING NAME_MECH
PLUMBING MODEL	01_BUILDING NUMBER_BUILDING NAME_PIPING
FIRE PROTECTION MODEL	01_BUILDING NUMBER_BUILDING NAME_FPS
ELECTRICAL MODEL	01_BUILDING NUMBER_BUILDING NAME_ELEC
IT MODEL	01_BUILDING NUMBER_BUILDING NAME_LVSS
STRUCTURAL MODEL	01_BUILDING NUMBER_BUILDING NAME_STRU
COORDINATION MODEL	01_BUILDING NUMBER_BUILDING NAME_COORD

4.2.2.2 Nomenclatura y Codificación de Planos en Modelo

PROYECTO	DISCIPLINA	EDIFICIO / ÁREA	CONSECUTIVO
EMC2 - EL - MF - XXX			

DISCIPLINA	
CWS	Civil works *
SSTR	Steel Structure
LM	Lamination
RWPS	Roofing Water Protectionn System
EL	Electric
SPE	Communications, Electronic Safety and Security and Automation Systems
BMS	Control & Monitoring System
HVAC	HVAC
FPS	Fire Protection System
FAS	Fire Alarm System
PLG	Plumbing
PPI	Process Piping
COO	Coordination MEP

EDIFICIOS / ÁREAS	
MF	Manufacturing
WH	Warehouse
OF	Office & Cafeteria
MO	Monuments
ST	Storage
WWTP	Waste Water Treatment Plant
H2N2	H2N2
CHSB	Chemical & Hazard Materials Storage Building
OT	Oil Tanks
ARCO	Argon CO2
CMC	Compressors Canopy
GHP	Pedestrian Guard House
GHT	Trucker Guard House
EUP	Exterior Loop Underground Piping

TERRACERIA		
Agrupador:	Numero Consecutivo	Descripción
Del 000 al 019 "Generales"	Del 001 al 009	Listado de planos, Notas, Normativa y Simbologia
	Del 010 al 019	Indice y Pavimento
	Del 100 al 109	Curvas de Rasantes y Pendientes
Del 100 al 199 "Set Completo Terracerias"	Del 110 al 119	Plataformas y Niveles
	Del 120 al 129	Cuadros de Construccion
	Del 130 al 139	Secciones Estructurales
	Del 140 al 149	Referencias de Trazo

Tabla 8 Números consecutivos para planos de Terracerias

ESTRUCTURA		
Agrupador:	Numero Consecutivo	Descripción
Del 000 al 019 "Generales"	Del 001 al 009	Listado de planos, Notas, Normativa y Simbologia
	Del 010 al 019	Planta de Conjunto y Vistas Generales
	Del 100 al 109	Plantas Estructurales
Del 100 al 250 "Set Completo Estructural"	Del 110 al 119	Planta de Cubiertas
	Del 120 al 129	Fachadas y Alzados
	Del 130 al 139	Cortes Generales
	Del 140 al 149	Detalles de Conexión
	Del 150 al 159	Vistas 3D e isometricos

Tabla 10 Números consecutivos para planos de Estructura Metálica

HVAC

CHUFANI. (2023). Nomenclatura y Codificación de Planos en Modelo

Anexo 5: Common Data Environment



The Common Data Environment (CDE) for this project is Autodesk Revit, Collaboration for Revit (C4R) & BIM 360, Bluebeam, and Fieldlens. The use of any other software for the Process and delivery of the Product must be cleared with the Product Owner.

<i>Communication</i>	<i>C4R</i>	<i>BIM 360</i>	<i>Bluebeam</i>	<i>Fieldlens</i>
<i>BIM - Working with Revit</i>	Yes			
<i>BIM - Publish C4R Content</i>		Yes		
<i>Drawings - Design Mark-up</i>			Yes	
<i>Task Assignment</i>				Yes
<i>BIM Quality - Issue Tracking</i>				Yes
<i>Drawings - Issued for Construction</i>				Yes
<i>Constructability - RFIs</i>				Yes
<i>Constructability - Submittals</i>				Yes
<i>Safety & Quality Deficiency Tracking</i>				Yes
<i>Publishing Reports (Including Progress and Punch List)</i>				Yes
<i>Transmittals (File Exchange)</i>				Yes
<i>Handover Document Storage</i>				Yes

WeWork. (2018). Project Execution Plan

b. COLABORATIVE METHOD/METODO COLABORATIVO

El método colaborativo para el desarrollo del proyecto sera mediante el uso del one drive en el cual cada uno de los contratistas involucrados subirá su modelo y deberán mantener actualizado semanalmente en la carpeta asignada por walbridge el modelo de su disciplina, mantendrán informado al equipo de walbridge de cualquier cambio o actualización que se realice durante todo el proceso de desarrollo del proyecto.

Carpeta para compartir archivos en ONE DRIVE

1-NWC	11/08/2020 12:33 p. m.	Carpeta de archivos
2-REVIT	11/08/2020 12:36 p. m.	Carpeta de archivos
3-CAD	11/08/2020 12:34 p. m.	Carpeta de archivos
4-PDF	11/08/2020 12:34 p. m.	Carpeta de archivos

En cada una de las carpetas mostradas se guardará la información solicitada de acuerdo con el tipo de archivo NWC, REVIT, CAD O PDF y dentro de ella a excepción del NWC una nueva carpeta nombrada con la fecha del día de en qué se está almacenado la información de la siguiente manera aa/mm/dd: EJEMPLO 2023 08 20

Para los archivos NWC se guardan en la misma carpeta y este solo se sustituirá cada semana con el mismo nombre, en esta solo se tendrá un solo archivo controlado a lo largo del desarrollo del proyecto

Walbridge. (2023). *Model Specs GM*



4.3 Basic Rules of BIM Data Exchange

- Validation of the BIM data prior to sharing shall check that:
 - File format, Revit version and naming conventions conform to the corporate BIM Standard.
 - Elements used in the model correspond to data classification according to Revit categories, or to the corporate classification (coding) system of structural components and building systems.
 - Model files are up-to-date, containing all users' local modifications.
 - Model files are detached from central file.
 - Any associated data required to load the model file is made available.
 - Model file has been audited, purged and compressed.
 - Any changes since the last issue are communicated to the design team.

BMW. (2017). Bim Standard Buildings_V001 p.15