

Contenido

CAPÍTULO 1	8
INTRODUCCIÓN A BIM, INICIO DEL PLAN ESTRATÉGICO DE IMPLEMENTACIÓN	8
INTRODUCCIÓN A BIM	9
BIM en el ciclo de vida de un proyecto	10
Ciclo de vida de un proyecto	10
BIM en el ciclo de vida de un proyecto	13
Dimensiones de BIM	14
BIM estado actual	16
Estado actual en México	16
Comité BIM	18
¿Cuál es el propósito del comité BIM?	18
Integrantes del comité BIM	19
Objetivos del comité BIM	20
Road Map de implementación	21
Introducción plan estratégico BIM	21
Pasos para la estrategia para la implementación de BIM	21
Análisis de desempeño organizacional	23
CAPÍTULO 2	28
BIM MANAGER	28
Establecimiento de un equipo para implementación de BIM	29
Integrantes de un equipo de implementación BIM	29
Evaluación estrategia de implementación BIM	31
Generar un plan de diseño de procesos integrados	31
Determinar requerimientos de modelos y necesidades de información	34
Identificar las necesidades de infraestructura	36
Elaborar un plan de capacitación y educación BIM	38
Gerencia BIM	38
Roles y responsabilidades de un equipo BIM	39
Rol estrategia según la Norma Técnica MIC	41
Rol de producción según la Norma Técnica MIC	43
Reuniones del proyecto	44
Plan de ejecución BIM (introducción)	44

CAPÍTULO 3	47
DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA PARA IMPLEMENTACIÓN BIM	47
Objetivos del involucramiento BIM en los proyectos	48
Objetivo general	48
Objetivos específicos	48
Niveles de información	50
Revisión principales estándares en el uso BIM	51
Propósitos de los Usos BIM	52
Plataformas tecnológicas y de infraestructura (hardware y software)	58
Creando una estrategia BIM	59
Capacidad BIM	60
Niveles de Madurez BIM	61
Desarrollando un modelo BIM	64
Evaluación tendencias en la industria	65
Importancia de los contratos BIM	66
¿Por Qué Definir un Contrato BIM?	66
Condiciones Para el uso de Contratos BIM	66
¿Qué Debe incluir un Contrato BIM?	67
Generación de un plan de capacitación	68
CAPÍTULO 4	71
PLAN DE EJECUCIÓN BIM	71
¿Cómo evaluar un BEP para un proyecto específico?	72
¿Por qué desarrollar un Plan de Ejecución BIM?	72
¿Quién debería desarrollar el Plan de Ejecución BIM?	74
Información que debe incluir el plan de ejecución	75
Visión General del Plan de Ejecución BIM	76
Información del Proyecto	76
Personal Clave del Proyecto	76
Requerimientos del Propietario para BIM	76
Metas y Usos BIM	76
Roles y Responsabilidades	77
Diagramas BIM	77
Intercambios de Información	77
Estrategia de Colaboración	77
Control de calidad	78
Verificaciones de control de calidad	78
Infraestructura Informática	78

Estructura del modelo	79
Entregables del proyecto	79
Identificación de Objetivos y Usos BIM para el proyecto	79
Procedimiento para la selección de los Usos BIM	81
Definiciones de Usos BIM	81
Definir los procesos para la ejecución	85
Creación de un mapa general de BIM (Nivel 1)	86
Creación de un mapa de uso detallado de BIM	87
Flujos de información BIM	88
Interoperabilidad	88
Trabajo Colaborativo	88
Solicitud de Información BIM (SDI)	89
COBie para el intercambio de la información	89
Definición de estándares	89
Infraestructura para el proyecto	91
Software	91
Hardware	92
Determinar las reuniones importantes	92
Evolución del BEP	92
CAPÍTULO 5	94
EJECUCIÓN BEP	94
Trabajo con archivos iniciales del proyecto	95
Tipos de modelos BIM	95
Información del proyecto	98
Procesamiento de datos del diseño para iniciar un modelo	100
Configuración de plataformas tecnológicas	100
Configuración de plantillas de proyecto	104
Estándares de diseño (organización de los elementos que se usarán para el modelo)	105
AIA CAD Layer (U.S. National CAD Standard)	110
Integración y coordinación de modelos	111
Diseño compartido	112
Exportación de archivos	113
Acceso a plataformas colaborativas en la nube	114
Funciones de colaboración con plataformas de nube	114
Integración de modelos en la nube	115
Colaboración entre equipos del proyecto	116
Análisis de información	116
Comparación de datos	118
Revisión de interferencias	118
Procedimientos para resolución de conflictos	119

Generar informes de cuantificación	120
Llevar control de calidad del proyecto	121
Revisión de integridad de modelos	121
Revisión de cumplimiento de estándares	121
Revisión de modelos	122
CAPÍTULO 6	123
FASE DE CONSTRUCCIÓN	123
Modelado para construcción	124
Definición de objetivos de modelado relacionados con la construcción	124
Identificar los usos y métodos de modelado	125
Planificación del proceso de modelado junto con las necesidades de información.	130
Definir la infraestructura de modelado necesaria para el éxito	132
BIM 4D	136
BIM en la construcción	136
Estrategia BIM en la fase de construcción	137
¿Qué es la simulación de construcción?	139
Requerimientos de información necesarios para una simulación de construcción	140
Importancia del BIM 3D para construcción	142
BIM 4D programación de obra	143
Simulación BIM 4D	144
BIM 5D estimación de costos	145
Norma Técnica MIC acerca de la simulación de construcción 4D y el 5D	148
Sección II. Planeación	148
Sección III. Elaboración y seguimiento de los avances físicos y financieros	148
Estimación de cantidades y costos Norma técnica MIC	149
Planificación de fases Norma técnica MIC	150
Gestión de la calidad y flujos de trabajo en los modelos BIM	151
Seguimiento de casos	153
CAPÍTULO 7	156
INTRODUCCIÓN A FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (O&M)	156
BIM en operación y mantenimiento de un proyecto	157
Requerimiento de modelo para mantenimiento en BIM	159
Gestión del modelo BIM para mantenimiento	159
Extracción de información para plan de mantenimiento	161
Gestión de activos	163
Gestión de espacios y seguimiento de activos	163
Gemelos digitales (Digital Twins)	165

Requerimientos para implementar un BIM Digital Twin	166
Plan de emergencia BIM	167
Plataformas de nube en la gestión de modelos	168
Plataformas para gestión de gemelos digitales (BIM Digital Twin)	171
BIBLIOGRAFÍA	173

Bienvenido a tu Diplomado

BIM Manager

En este diplomado profundizarás en los procesos que debe seguir el BIM Manager para la correcta administración de un proyecto de arquitectura, ingeniería y construcción. Este diplomado tendrá un enfoque de enseñanza basada en proyectos, donde comenzarás a identificar áreas de oportunidad para plantear soluciones sobre procesos los reales actuales en tu empresa.

[Preguntas frecuentes sobre nuestros Cursos Presenciales](#)

[Preguntas frecuentes sobre nuestros Cursos Online](#)

Derechos reservados

© Todos los derechos reservados Darco©

Todos los materiales contenidos en este sitio (incluyendo, pero no limitado a, texto, logotipos, contenido, imágenes [animadas y estáticas], iconos videos y fotografías, entre otros) están protegidos por las leyes de Derechos de Autor y Propiedad Industrial, tanto nacionales como internacionales.

En relación con todo lo contenido en esta guía de estudio, se prohíbe la reproducción, uso, copia, impresión, distribución, publicación, traducción, adaptación, reordenación y cualquier otro uso o modificación total o parcial de los datos y obras contenidos en esta página, por cualquier medio y de cualquier forma.

Para cualquier asunto relacionado con este aviso, por favor contacte a darco@darco.com.mx

Aviso de Privacidad

La privacidad de sus datos personales es de gran importancia para Darco por lo que hacemos de su conocimiento nuestro Aviso de Privacidad en www.darco.com.mx/privacidad

Darco© es una marca registrada
Autodesk© es una marca registrada

Capítulo 1

Introducción a BIM, inicio del plan estratégico de implementación

Revisa los conceptos que existen sobre BIM, las fases del proyecto en las cuales se puede implementar. Identifica como conformar el comité responsable de la iniciativa para la implementación de BIM y los aspectos que debes considerar para comenzar con un plan estratégico para BIM.

Duración: 6 HRS

Temas:

Introducción a BIM

- Presentación de participantes:
- Descubrimiento de procesos de trabajo.
- Funciones en el organigrama de los proyectos.
- Importancia del conocimiento de las fases y el proceso del proyecto
- Reconocimiento de la fase del proceso en el que participan las personas, empresas o equipos.
- BIM en el ciclo de vida de un proyecto
- BIM estado actual en México

Comité BIM

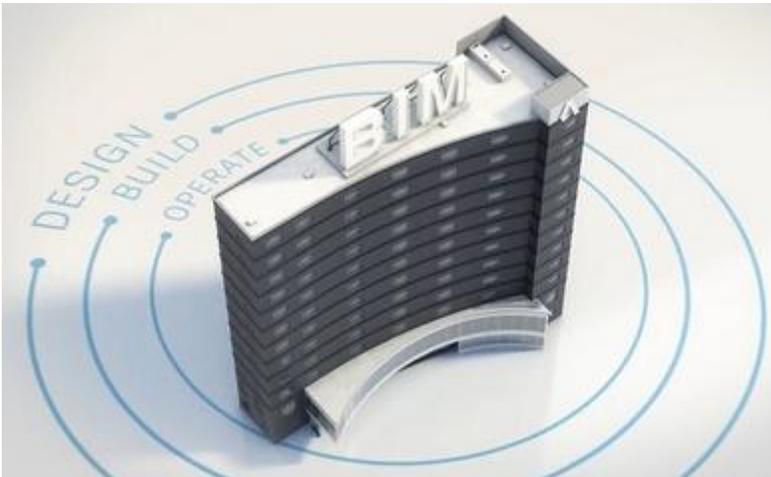
Introducción plan estratégico BIM

Introducción a BIM

Building Information Modeling por sus siglas en inglés BIM, no tiene una definición única. Para comenzar se mencionará algunas de las definiciones más importantes que se pueden encontrar actualmente sobre lo que significa BIM:

Autodesk

BIM (Building Information Modeling) es un proceso inteligente basado en modelos 3D que brinda a los profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) la visión y las herramientas para planificar, diseñar, construir y administrar edificios e infraestructura de manera más eficiente.



Además, los ingenieros civiles pueden crear y administrar toda la información relacionada con los activos de diseño, lo que garantiza una mejor colaboración, datos compartidos y entrega de proyectos a tiempo y dentro del presupuesto.

U.S. General Services Administration (GSA)

“Es el desarrollo y uso de modelos computacionales de información multifacéticos no solo para documentar un diseño para construcción, sino también para estimular la construcción y operación de nuevas instalaciones o la recapitalización de instalaciones modernizadas. El resultado de BIM es una representación digital de instalaciones rica en información, basada en objetos, inteligente y paramétrica, donde vistas adecuadas para diferentes necesidades de usuarios pueden ser extraídas y analizadas para generar retroalimentación y mejoramiento de un diseño de instalaciones.

Stanford University

CIFE en la Universidad de Stanford creó un concepto más amplio que el de BIM, llamado Virtual Design and Construction (VDC).

VDC es el uso de modelos multidisciplinarios de rendimiento para los proyectos de construcción que incluyen el producto, la organización y los objetivos del modelo de negocios.

ISO International Organization for Standardization

La norma internacional ISO 12911:2012 define estos dos usos conforme se indica a continuación:

- **Modelo de Información para Construcción:** representación digital compartida de características físicas y funciones de cualquier objeto construido, incluyendo edificios, puentes, caminos, plantas de procesamiento.
- **Modelado de Información para Construcción:** proceso de gestión de información relacionada con instalaciones y proyectos con el fin de coordinar insumos y productos, independientemente de las implementaciones específicas.

U.S. National Building Information Modeling Standard (NBIMS-US)

Establece que el modelado de información de construcción es el acto de crear un modelo electrónico de una instalación con el propósito de visualización, análisis de ingeniería, análisis de conflictos, verificación de criterios de código, ingeniería de costos, producto as-built, presupuesto y muchos otros propósitos.

Si bien el modelo es un componente importante de BIM, muchos ahora lo ven como un cambio de proceso más que una nueva tecnología. El modelo puede servir como un recurso de conocimiento para todos los participantes del proyecto, pero BIM es un proceso que mejora la colaboración resultando en una mejor gestión de la información y un proceso general más ágil.

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes Estados Unidos Mexicanos

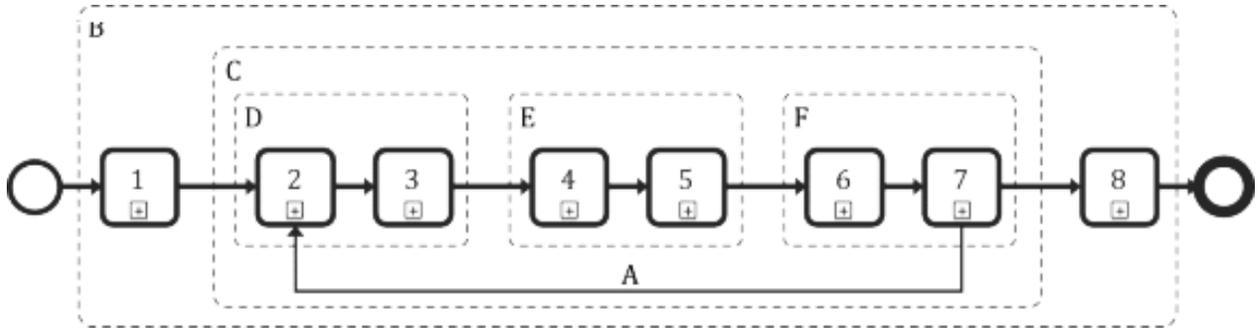
Modelado de Información de la Construcción (MIC): Consiste en un proceso de generación y gestión integral de datos de una Obra Pública durante su ciclo de vida, desde la planeación hasta su operación y mantenimiento, utilizando herramientas informáticas dinámicas de modelado de obras en tres dimensiones y en tiempo real, con la finalidad de optimizar el tiempo y maximizar los recursos económicos, materiales y humanos invertidos durante el diseño y la construcción de la citada infraestructura.

BIM en el ciclo de vida de un proyecto

Ciclo de vida de un proyecto

Un ciclo de vida es el proceso continuo a través de una serie de etapas o fases de desarrollo. El ciclo de vida de un proyecto es la serie de etapas o fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Generalmente a lo largo del ciclo de vida de un producto se originan distintos tipos de proyectos conforme el producto evoluciona y se adapta a las necesidades del mercado durante el tiempo. En resumen, el ciclo de vida del proyecto **es lo que se debe hacer para completar el trabajo.**

La **UNE-EN-ISO 19650-2** establece pautas para gestionar la información en el proceso de desarrollo de los proyectos, el ciclo de vida de un proyecto se representa a través del siguiente diagrama



1. Evaluación de necesidades
2. Petición de ofertas
3. Presentación de ofertas
4. Contratación
5. Movilización
6. Producción colaborativa de la información
7. Entrega del modelo de información
8. Fin de la fase de desarrollo

- A. modelo de información enriquecido por los equipos de desarrollo de cada contratación
- B. actividades realizadas por proyecto
- C. actividades realizadas por cada contratación
- D. actividades realizadas durante la etapa de contratación
- E. actividades realizadas durante la etapa de planificación de la información
- F. Actividades realizadas durante la etapa de producción de la información

Evaluación de necesidades

Para el proceso de gestión de la información, en esta fase, la parte contratante (promotor) tiene que evaluar las necesidades del contrato

- Designando a los responsables de la función de gestión de la información.
- Estableciendo los requisitos de información del proyecto.
- Estableciendo la norma de información del proyecto.
- Estableciendo los métodos y procedimientos para la producción de información del proyecto.
- Estableciendo la información de referencia del proyecto y los recursos compartidos.
- Estableciendo el Entorno Común de Datos del proyecto.
- Estableciendo el protocolo de intercambio de información del proyecto.

Petición de ofertas

Para el proceso de gestión de la información, en esta fase, la parte contratante (promotor):

- Debe establecer los requisitos de intercambio de información de la parte contratante.
- Debe reunir la información de referencia y los recursos compartidos.
- Debe establecer los requisitos de presentación de ofertas y los criterios de evaluación.
- Debe recopilar la información relativa a la licitación.

Presentación de ofertas

Para el proceso de gestión de la información en esta fase exigir a la parte contratada principal (proyectista o contratista, según fase) tiene que:

- Designar a los responsables de la función de gestión de la información.
- Establecer el Plan de Ejecución del BIM del equipo de desarrollo (antes de la contratación).
- Establecer el plan de movilización del equipo de desarrollo.
- Ha establecido el cuadro de riesgos del equipo de desarrollo.
- Recopilar la información de la oferta del equipo de desarrollo.

Contratación

Para el proceso de gestión de la información, en esta fase, la parte contratada principal (proyectista o contratista) tiene que:

- Desarrollar el Plan de Ejecución del BIM del proyecto.
- Concretar la matriz de responsabilidades del proyecto.
- Establecer los Requisitos de Intercambio de Información.
- Establecer el/los Programa/s de Desarrollo de Información de una Tarea (TIPD).
- Establecer el Programa General de Desarrollo de la Información (MIDP).

Movilización

Una vez más, tal y como recomienda la ISO 19650-2 para el proceso de gestión de la información, en esta fase, la parte contratada principal (proyectista o contratista) tiene que:

- Movilizar los recursos.
- Movilizar la tecnología de la información.
- Probar los métodos y procedimientos de producción de información del proyecto.

Producción colaborativa de la información

Durante esa fase cada equipo de trabajo durante el desarrollo del proyecto (producción de información) tiene que:

- Comprobar la disponibilidad de la información de referencia y de los recursos compartidos.
- Producir información.
- Realizar un control de calidad interno.
- Revisar y aprueba el intercambio de información.

- Revisar el modelo de información.

Entrega del modelo de información

En esta fase se entrega el modelo información.

Fin de la fase de desarrollo

Se concluye el proceso de desarrollo del proyecto

BIM en el ciclo de vida de un proyecto

La implementación de BIM se puede aplicar en todas las fases de un proyecto de construcción e infraestructura.



Planeación



Diseño



Construcción



Operación

Imágenes de www.autodesk.com, What is BIM?

En un proyecto de construcción:

- **Planeación:** Generar información en etapas de planeación facilita la creación de modelos en un contexto del mundo real y el ambiente natural donde se encontrará ubicado. En esta etapa se revisan las necesidades y se plantean alternativas.
- **Diseño:** durante la etapa de diseño se generan modelos conceptuales que van detallándose a medida que se toman decisiones sobre la propuesta de diseño definitiva que terminará generando modelos que podrán utilizarse para la etapa de construcción, a partir de los cuales se crea la documentación para construcción.
- **Construcción:** durante la construcción se fabrican las piezas basadas en las especificaciones de los modelos BIM, se lleva a cabo el seguimiento del cronograma y la logística de construcción para garantizar los tiempos del proyecto.
- **Operación:** la etapa más larga en el ciclo de vida de un proyecto, los datos de los modelos BIM se pueden usar para efectos de remodelaciones, mantenimiento, análisis de sostenibilidad etc.

En un proyecto de infraestructura:

- **Planeación:** se identifica el impacto del proyecto aspectos relacionados a la excavación, derechos de vía y la financiación.

- **Diseño:** se define la ingeniería a detalle respetando los cronogramas del proyecto, se realizan análisis y simulaciones del proceso constructivo.
- **Construcción:** Se realizan revisión de interferencias y se identifica conflictos en la programación, todo basado en los modelos 3D con datos para esta fase.
- **Operación o Administración:** en esta fase se requiere mantener la documentación As-built y mantener la calidad de los datos para tomar las decisiones más acertadas durante todo el periodo de operación.

En las diferentes fases de un proyecto de construcción e infraestructura es necesario determinar las distintas dimensiones en la que se requiere obtener los modelos, cada dimensión requiere aumentar el nivel de información gráfica y no gráfica de los modelos.

Dimensiones de BIM

Las dimensiones de BIM están relacionadas con el nivel de madurez que requiere alcanzar una organización y los usos, estas son:

BIM 3D: Se refiere a un modelo 3D existente con información en cada uno de los elementos, estos modelos pueden incluir escaneos 3D. Los datos contenidos en estos modelos permitan obtener cuantificaciones, generar detalle para fabricación, crear planos para construcción etc.

BIM 4D: Al modelo se le agrega la dimensión del tiempo . Es decir, se puede asignar a cada elemento una secuencia de construcción. Nos permite controlar la dinámica del proyecto, realizar simulaciones de las diferentes fases de construcción, diseñar el plan de ejecución y anticiparnos a posibles dificultades, aumentando así la productividad y facilitando el cumplimiento de plazos previsto inicialmente.

BIM 5D: Abarca el control de costes y estimación de gastos de un proyecto, teniendo así más control sobre la información contable y financiera y mejorando por tanto la rentabilidad del proyecto y facilitando el cumplimiento de presupuestos previsto inicialmente.

BIM 6D: La sexta dimensión de BIM (también llamada Green BIM), está relacionada con un factor que tiene cada vez más importancia, sostenibilidad de los proyectos, nos brinda la oportunidad de conocer cómo será el comportamiento del proyecto antes de que se tomen decisiones importantes y mucho antes de que comience la construcción teniendo en cuenta su situación, orientación, ubicación, tipos de suelo, conductividad térmica de los materiales. Especialmente los análisis energéticos con software específico pueden reducir significativamente su consumo de energía.

BIM 7D: Facility management, es la dimensión empleada para las operaciones de mantenimiento de las instalaciones durante la vida útil de los proyectos, ya que consiste en un modelo as-built de los mismos. Permite conocer el estado de las instalaciones, especificaciones sobre su mantenimiento, manuales de uso, fechas de garantía, información sobre la infraestructura etc.

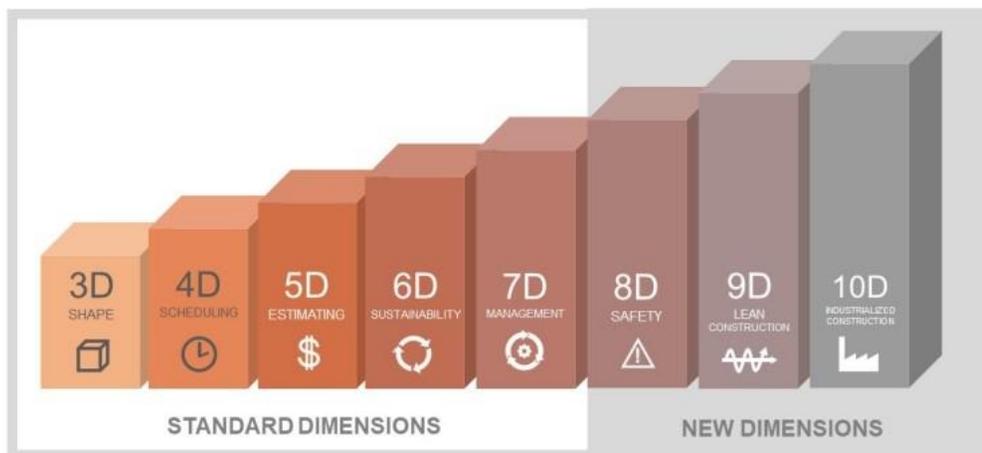
BIM 8D: Prevención a través del diseño, que implica la perfilación de peligros basado en la información de los elementos del modelo BIM lo cual permite proporcionar sugerencias

de diseño seguro para revisar elementos perfilados de alto riesgo y proponer controles para evitar riesgos sobre peligros que son incontrolables a través de la optimización del diseño.

BIM 9D: Construcción sin pérdidas, es la dimensión que permite optimizar y agilizar todos los pasos de la fase de construcción de un proyecto, mediante la digitalización de los procesos. La construcción ajustada es un enfoque que permite una gestión eficaz de los recursos y que implica el control del uso de las materias primas para minimizar la incidencia de los residuos. Mediante la supervisión constante de estos recursos, se pueden crear estrategias para convertir eficazmente lo que serían residuos, fragmentos de material o piezas impares en algo que agrega valor al conjunto.

BIM 10D: es la Industrialización en BIM. Este apartado está relacionado con el anterior y también proviene de la filosofía LEAN. Pensemos que LEAN tiene su origen en el viene del sector industrial el cual difiere del nuestro al concentrarse los procesos in situ. De hecho, la evolución de la industria de la construcción está muy ligada a ser considerada y planteada como sector industrial, con una planificación y eficiencia de sus procesos previos para llegar a la obra y ensamblar allí dichos productos. Construir en Industria y ensamblar in situ.

DIMENSIONS OF BIM



BIM estado actual

Según la ONU, en 2050, la población mundial será de 9,7 mil millones. La industria global de AEC debe buscar formas más inteligentes y eficientes de diseñar y construir no solo como un medio de estar al día con la demanda global, sino para ayudar a crear espacios que sean más inteligentes y también más duraderos.

BIM no solo permite a los equipos de diseño y construcción trabajar de forma más eficiente, sino que también les permite capturar los datos que crean durante el proceso para brindar beneficios a las operaciones y las actividades de mantenimiento. Esta es la razón por la que los mandatos de BIM están aumentando en el mundo.

Estado actual en México

BIM (Building Information Modelling) abreviación y denominación internacional en inglés del Modelado de la Información de la Construcción. En México también es conocido como MIC (Modelado de Información de la Construcción).

Un Proyecto MIC, es un PPI vinculado a la Obra Pública que es susceptible de aplicación de la Metodología MIC. Los Programas y Proyectos de Inversión (PPI), son definidos en la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria y aplican para las acciones que implican erogaciones de gasto de capital destinadas tanto a Obra Pública en infraestructura como a la adquisición o modificación de inmuebles, adquisiciones de bienes muebles asociadas a estos programas, y rehabilitaciones que impliquen un aumento en la capacidad o vida útil de los activos de infraestructura e inmuebles, y mantenimiento.

“NORMA Técnica que regula el Modelado de Información de la Construcción en proyectos de obra pública de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes” (MIC), indica en el documento oficial que BIM se convertirá en el estándar para los proyectos de gobierno relacionados con construcción e infraestructura. En la norma MIC (Modelado de Información de la Construcción) ha sido implementada con el objetivo de mejorar la gestión de los proyectos, algunos de los punto más importantes consideran:

1. Que los recursos de que disponga el Gobierno Federal se administrarán con eficiencia, eficacia, economía, transparencia y honradez para satisfacer los objetivos a los que estén destinados.
2. Que la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria establece que los sujetos obligados a cumplir las disposiciones de ese ordenamiento deberán observar que la administración de recursos públicos federales se realice con base en criterios de legalidad, honestidad, eficiencia, eficacia, economía, racionalidad, austeridad, transparencia, control, rendición de cuentas y equidad de género.
3. Que la metodología denominada Modelado de Información de la Construcción (BIM, Building Information Modelling por sus siglas en inglés) que hace uso de sistemas de diseño y modelado asistido e incorpora procesos que permiten obtener una mayor eficiencia, eficacia, economía y transparencia en el ejercicio de los recursos, en cada fase del ciclo de inversión, desde la planeación hasta la formulación, diseño, construcción, ampliación y modificación, así como la operación y mantenimiento de inmuebles e infraestructura, incluyendo su equipamiento.

4. Que la aplicación del Modelado de Información de la Construcción contribuye a mejorar la rendición de cuentas en el ejercicio de los recursos y la transparencia en la toma de decisiones; el control de la calidad de las inversiones, la transformación digital en el sector mediante el intercambio de información digital en tiempo real; y permite reducir los costos y los riesgos de retrasos a través de la integración de la información y el impacto ambiental mediante la reducción de residuos de construcción.

Algunas de las disposiciones generales acerca de BIM de la norma técnica MIC

1. La metodología deberá ser aplicable a todas las etapas de la vida útil de una Obra Pública hasta su terminación. Las Obras Públicas, cuya planeación se realice usando la Metodología MIC, deberán continuar usando ésta en todas las etapas de la vida útil de la Obra Pública. Entre las actividades vinculadas a las diversas etapas de la vida de una Obra Pública se enumeran las siguientes: planeación, diseño, (incluyendo fase de pre-construcción).
2. Entorno Común de Datos (ECD). Es la única fuente de información para los participantes en el proyecto, y es utilizada para recopilar y gestionar todos los documentos aprobados relevantes para los equipos multidisciplinarios.
3. Matriz de responsabilidades: corresponden a la información que se va a producir; responsable de producir dicha información; y el método definido para articular la información que se va a producir, así como cuándo y cómo se va a intercambiar.
4. Las dimensiones identificadas en la norma técnica MIC son 3D, 4D y 5D.
5. Establecimiento del nivel de detalle LOD (detalle geométrico del modelo 2D y 3D) y el nivel de información LOI (información de datos asociada a los elementos de los modelos).
6. Plan de Ejecución MIC como documento que establece de manera sumaria y precisa la administración de la información de la Obra Pública a realizar.

Entre algunos proyectos destacados donde se ha aplicado la metodología BIM bajo la normativa y los programas de Proyectos y Programas de Inversión (PPI) se podrían considerar:

1. **Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA)**: Este proyecto utilizó BIM para coordinar todas las disciplinas involucradas en la construcción y garantizar una entrega eficiente. Se destaca como un caso emblemático de la aplicación de BIM en infraestructura pública.
2. **Hospitales del IMSS**: El Instituto Mexicano del Seguro Social ha implementado BIM en la construcción de diversos hospitales, aprovechando esta metodología desde 2015 en varios proyectos piloto a lo largo del país, para optimizar tiempos y costos en sus procesos constructivos.
3. **Residencial Progreso 88 y Residencial Municipio Libre (Ciudad de México)**: Estos proyectos arquitectónicos residenciales aplicaron BIM para diseño y previsualización, con el objetivo de crear espacios modernos y funcionales con características de sostenibilidad.
4. **Torre Chapultepec Uno**: Este rascacielos ubicado en Ciudad de México utilizó BIM para el diseño y planificación de su compleja estructura de más de 55 pisos, incluyendo oficinas, hotel, residencias y áreas de uso mixto, logrando una ejecución precisa y eficiente

Aunque estos proyectos son anteriores a la publicación oficial de la Norma, se pueden tomar como referencia dado que estos proyectos demostraron cómo aplicar BIM en obras complejas. Si bien no estaban sujetos a las normativas actuales, sirvieron como laboratorios de aprendizaje para desarrollar procesos, identificar desafíos y establecer estándares que han influido en la normativa actual. Por ejemplo, el AIFA destacó en la coordinación de disciplinas, cronogramas y presupuestos utilizando BIM, lo que permitió una entrega eficiente y dentro de los plazos.

En el marco de los Programas y Proyectos de Inversión (PPI), la integración de BIM en estos proyectos facilita:

- **Optimización de recursos públicos:** BIM ayuda a proyectar escenarios más precisos, reduciendo sobrecostos y errores en la ejecución.
- **Evaluación de impacto financiero:** Los PPI suelen requerir análisis de costo-beneficio detallados. BIM proporciona modelos que respaldan esta evaluación.
- **Mejora en la transparencia y seguimiento:** Los modelos BIM documentan el progreso, siendo útiles para auditorías y control de calidad, algo esencial en proyectos financiados con fondos públicos.

Aunque anteriores a la norma, muchos de estos proyectos ya implementaban prácticas alineadas con estándares internacionales (como ISO 19650), que forman parte de la estructura normativa actual en México. Esto los hace referentes valiosos para entender cómo integrar BIM en el marco de los PPI.

En el caso del **AIFA**, su modelo BIM incluyó simulaciones y análisis detallados que ayudaron en la gestión financiera y en la toma de decisiones estratégicas. Si este proyecto hubiera estado regulado bajo las normas de los PPI, habría cumplido con los requisitos de planeación estratégica y evaluación detallada de inversión.

Comité BIM

Es necesario **conformar un comité** que defina quienes serán los participantes en el equipo que pondrá en marcha la implementación de BIM. El comité BIM, debe establecer el propósito de implementar BIM en la organización, por lo tanto, es importante que los integrantes comprendan las implicaciones, el impacto y el cambio que esto genera en la organización.

¿Cuál es el propósito del comité BIM?

- La implementación de BIM debe estar basada en la misión y visión de la organización.
- El Comité de Planificación necesitará determinar los objetivos BIM futuros y los usos BIM para la organización.
- Debe tener claro cuáles son los grupos que apoyaran la implementación y el alcance de esta.
- El comité debe explicar cuál es el objetivo, usos BIM y las mejoras que acarrearán los cambios en los procesos, todo de acuerdo con la misión y visión de la organización.

- El Comité de Planificación BIM debe establecer el nivel de madurez deseado para cada uno de los elementos de planificación.
- El comité BIM debe encargarse de escoger a las personas que formarán parte del equipo inicial de estrategia BIM.

Integrantes del comité BIM

Los integrantes del comité deben ser ejecutivos o mandos medios de alto perfil dentro de la organización que tengan la posibilidad e independencia para tomar decisiones de tipo económico, para contratación de recursos, reorganización de procesos etc. Los perfiles profesionales que se recomienda elegir por parte del comité BIM, incluyen:

- Individuos que puedan defender la implementación de BIM en la organización.
- Tomadores de decisiones que puedan dar acceso a los recursos humanos, económicos y tiempos.
- Profesionales que se verán afectados directamente por los cambios en los procesos.
- Personas con conocimientos como implementadores de BIM que puedan monitorear los avances y apoyar los cambios necesarios en los procesos.

Los profesionales que el comité BIM involucra en el “equipo que planeará la estrategia de implementación BIM” deben contar con las capacidades necesarias para asumir las responsabilidades que conlleva la adopción de BIM.

A continuación, se indica los integrantes de un comité BIM:

- BIM Champions
- Ejecutivos de alto nivel
- Gerencias medias
- Fuerza laboral técnica

BIM Champion

- Ser un profesional con conocimientos técnicos y preparado para mejorar los procesos existentes enfocándolos hacia BIM.
- Debe ser un entusiasta de la adopción de BIM, para que sea capaz de lidiar con la resistencia al cambio y garantizar que los cambios podrán realizarse correctamente.
- Debe ser capaz de dirigir recursos y fondos para la implementación, debe estar motivado para defender el proceso.

Ejecutivos de alto nivel

- Son ellos los que aprueban los recursos necesarios para planear la estrategia y poner en marcha la implementación de la metodología.

Gerencias medias

- Al representar las diferentes áreas de la organización son conscientes de los recursos técnicos y humanos con los que se cuentan.

- Gestionan los recursos humanos cuyos esfuerzos estarán dirigidos a los procesos de implementación.
- Son responsables de llevar seguimiento del trabajo diario de los equipos que están bajo su responsabilidad.

Fuerza laboral técnica

- Personas con conocimientos técnicos que están relacionados con BIM.
- Usuarios técnicos experimentados en el uso de las tecnologías que involucran la implementación de BIM.
- Debido a sus conocimientos técnicos quizá sea necesario ponerlos a cargo del seguimiento en los cambios de los flujos de trabajo para integrar BIM.
- Debido a sus conocimientos en tecnología es probable que se resistan al cambio, por es conveniente involucrarlos en el proceso desde un principio para comprometerlos con el cambio.

Objetivos del comité BIM

El Comité de Planificación BIM debe establecer el nivel de madurez deseado para cada uno de los elementos de planificación, la deliberación cuidadosa debe ejercerse con la selección de un nivel objetivo que sea medible y alcanzable. Las capacidades inherentes de una organización, como la experiencia y el conocimiento, son algunas de las competencias que deben tenerse en cuenta al apuntar a los niveles de madurez. Además, el Comité de Planificación necesitará determinar los **objetivos BIM futuros y los usos BIM para la organización.**

¿Cómo determinar los Objetivos BIM?

El comité BIM debe basar la determinación de los objetivos BIM tomando en cuenta que:

- Establecer metas y objetivos BIM ayuda a proporcionar una dirección en la cual el Comité de Planificación debe proceder.
- Los objetivos BIM deben ser medibles e incluir elementos como la reducción de los costos operativos y del ciclo de vida; mejorar los flujos de trabajo operativos; comprender y definir las necesidades de información; o desarrollar sistemas internos de garantía de calidad.
- Los objetivos también pueden apuntar a la fuerza laboral y Establecer las Metas y Objetivos de BIM, sus capacidades al proporcionar educación y capacitación a los miembros del equipo, o al desarrollar la infraestructura necesaria para apoyar la integración de BIM.
- Corresponde al comité identificar los objetivos que aportan valor a la organización y que respaldan los objetivos, la misión y la visión generales de la organización.
- Los objetivos pueden ser organizados y priorizados

¿Cómo determinar los usos BIM de la organización?

Un uso BIM se define como un método o estrategia para aplicar el modelado de información de construcción durante el ciclo de vida de un proyecto para lograr uno o más objetivos específicos. Los usos BIM en esta etapa del proceso de planificación se identifican en función de las metas y objetivos.

Algunas metas y objetivos pueden implicar directamente la implementación específica de un uso BIM, mientras que otros pueden requerir varios usos para respaldar una meta.

Road Map de implementación

En general el proceso de implementación variará de una organización a otra dependiendo de las metas y objetivos, el tamaño de la organización, el tiempo y la inversión financiera, su experiencia con BIM y los recursos disponibles. La planificación anticipada ayuda al Comité a determinar un enfoque definido para evitar el riesgo de costos crecientes y tiempo y recursos mal dirigidos. La planificación de **avance** también establece una línea de base para rastrear el progreso en hitos o puntos predeterminados en el tiempo. A través de un roadmap el comité puede mostrar la integración de **cambios estratégicos de manera resumida y eficiente**.

Introducción plan estratégico BIM

Debemos tomar en cuenta que la implementación BIM al igual que cualquier otro proceso, conlleva una curva de aprendizaje, lo cual puede desalentar a las organizaciones que no están familiarizadas con la metodología.

Tener una estrategia clara y recursos asignados para la implementación aumentará las posibilidades de éxito.

Planear una estrategia para la implementación de BIM permite establecer objetivos y metas para determinar los recursos y métodos a desarrollar para lograr una implementación adecuada de acuerdo con la visión y misión de la organización.

Al Implementar correctamente BIM podremos lograr mayor colaboración y reducir la posibilidad de fracaso. Tener un plan para implementar BIM nos permitirá:

- Establecer las metas de la organización y los objetivos de BIM para implementar en un periodo de tiempo específico.
- La asignación de los recursos adecuados para la implementación de BIM.
- Identificar el punto de partida para cada competencia y evaluar el proceso de transición hacia BIM.
- Organizar equipos de trabajo que aporten una visión integrada sobre la implementación de BIM.

La estrategia de implementación de BIM debe ser desarrollada por un comité de profesionistas que comprendan las implicaciones, el impacto y cambio que se esto genera en la organización.

Pasos para la estrategia para la implementación de BIM

La planificación estratégica de BIM debe llevarse a cabo de manera que se pueda establecer claramente cuáles son los objetivos y metas de implementación, además,

enfocar los esfuerzos para definir actividades encaminadas a lograr el cumplimiento de las metas establecidas valiéndose de los recursos adecuados.

El comité debe considerar la implementación de la estrategia BIM para la organización en tres pasos:

1. **Evaluación:** Determina cuáles serán las áreas de enfoque en la organización para la implementación de BIM, que comprende revisar:
 - Antecedentes de la organización
 - Misión y objetivos de la organización
 - Análisis del desempeño actual
 - Evaluación de los procesos actuales de la organización
2. **Alineamiento:** Determina cual es el nivel de BIM a implementar en la organización, que comprende definir:
 - Objetivos y visión BIM
 - Elementos de planeación
3. **Avance:** Define el proceso de transición hacia BIM en las prácticas de negocios en la organización, que comprende establecer:
 - El camino para seguir (roadmap)

Evaluación

La organización debe realizar una evaluación de su desempeño actual tanto a nivel interno como externo, para determinar las oportunidades para la adopción y mejora de procesos apoyados de nuevas tecnologías.

Documento de estrategia de implementación BIM; a través del documento de estrategia de implementación BIM el comité BIM podrá medir el grado de madurez BIM actual de la organización y procesos para esto debe:

1. Revisar o crear el diagrama con información de la estructura actual de la organización
2. Revisar la misión y objetivos actuales de la organización y como estos deben ajustarse para lograr una adopción de BIM exitosa.
3. Para identificar el desempeño actual de la organización será necesario, **recopilar** información a través de entrevistas a los usuarios directamente involucrados y/o que serán afectados por la transición hacia BIM. También se puede **realizar** encuestas en toda la organización para registrar las observaciones de los usuarios acerca de los flujos de trabajo actuales. **Analizar** documentos, actividades, gestiones que debe cumplir cada usuario en las unidades involucradas, lo cual facilita la reconocer cuales son los desafíos a los que se enfrentan.
4. Para **evaluar** los elementos de planificación en la organización y determinar el nivel de madurez BIM con el que se cuenta, es necesario llenar una **matriz para evaluar el nivel de madurez BIM** de cada elemento a planificar. (los elementos de planificación BIM se describen en el paso 2, alineamiento).

Análisis de desempeño organizacional

Los métodos de análisis de desempeño miden el nivel de madurez que tiene una organización en la gestión de sus proyectos, estos métodos son una referencia que permite revisar oportunidades de mejora que pueden implementarse en los procesos. Actualmente existen varios métodos que pueden usarse para medir el desempeño organizacional, algunos de los más recomendados son:

- (Process Performance Measurement Systems (PPMS),
- Balanced Scorecards,
- Workflow Based Monitoring,
- Statistical Process Control,
- Activity-based costing systems,
- Capability Maturity Model,
- Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT) Analysis.

Capability Maturity Model es el usado para BIM, debido a que la madurez de los usos BIM de una organización se evalúan basados en este método.

Capability Maturity Model

También llamado *CMMI* fue desarrollado por *The Software Engineering Institute (SEI)* bajo el patrocinio del *U.S. Department of Defense*.

El modelo *CMMI* provee a la organización una guía para mejorar los procesos organizacionales y la capacidad para dirigir el desarrollo, adquisición, y mantenimiento de sus productos o servicios. El modelo consta de cinco componentes que son:

- Áreas de proceso
- Objetivos específicos
- Prácticas específicas
- Objetivos genéricos
- Prácticas genéricas

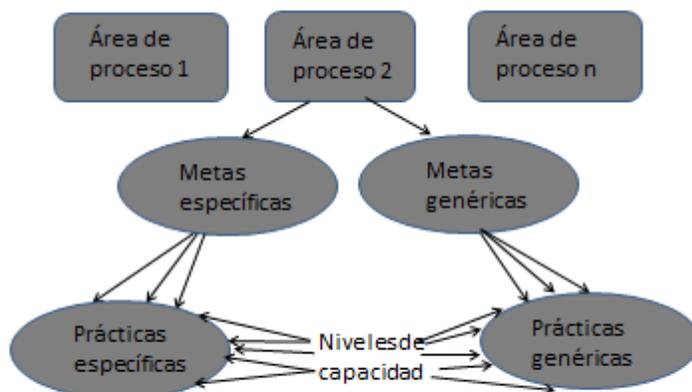


Figura 7. Componentes del modelo CMMI

Los objetivos específicos organizan prácticas específicas y los objetivos genéricos organizan prácticas genéricas. Cada práctica específica y genérica corresponde a un nivel de capacidad. Las metas y prácticas específicas se aplican a las áreas de proceso individuales. El modelo establece seis niveles de capacidad numerados del cero al cinco (SEI, 2002).

- **Nivel 0-Incompleto:** un proceso incompleto es un proceso que aún no está desarrollado o está desarrollado parcialmente. Uno o más de los objetivos específicos de las áreas de proceso no están satisfechos.
- **Nivel 1 - Realizado:** un proceso desarrollado es un proceso que satisface los objetivos específicos de las áreas de proceso.
- **Nivel 2 - Gestionado:** un proceso gestionado es un proceso realizado (nivel 1), que también es planeado y ejecutado conforme con la política, empleando personal calificado con los recursos adecuados para producir salidas controladas. que involucra interesados claves, que es monitoreado, controlado, revisado y evaluado para verificar su conformidad con la descripción del proceso.
- **Nivel 3-Definido:** un proceso definido es un proceso gestionado (nivel 2) que es adaptado al conjunto de estándares de procesos de la organización, acorde con la guía de adaptación, y contribuye al trabajo del producto, mediciones, y otra información de procesos de mejora a los activos de proceso de la organización.
- **Nivel 4-Cuantitativamente gestionado:** un proceso cuantitativamente gestionado es un proceso definido (nivel 3) que es controlado usando técnicas estadísticas u otras técnicas cuantitativas.
- **Nivel 5-Optimizado:** un proceso optimizado es un proceso cuantitativamente gestionado (nivel 4) que es cambiado y adaptado para cumplir con los objetivos relevantes actuales y proyectados objetivos de negocio.

Capability Maturity Model es el usado para BIM, debido a que la madurez de los usos BIM de una organización se evalúan basados en este método.

Planning Element	Description	Level of Maturity					Current	Target	Total
		0 Non-Existent	1 Initial	2 Managed	3 Defined	4 Quantitatively Managed	5 Optimizing	Level	Level
Strategy	the Mission, Vision, Goals, and Objectives, along with management support, BIM Champions, and BIM						0	0	0
Organizational Mission and Goals	A mission is the fundamental purpose for existence of an organization. Goals are specific aims which the organization wishes to accomplish.	No organizational mission or goals	Basic organizational mission established	Established basic organizational goals	Organization mission which addressed purpose, services, values (at a minimum)	Goals are specific, measurable, attainable, relevant, and timely			
BIM Vision and Objectives	A vision is a picture of what an organization is striving to become. Objectives are specific tasks or steps that when accomplished move the organization toward their goals	No BIM vision or objectives defined	Basic BIM vision is establish	Established Basic BIM Objectives	BIM Vision address mission, strategy, and culture	BIM objectives are specific, measurable, attainable, relevant, and timely			
Management Support	To what level does management support the BIM Planning Process	No management support	Limited support for feasibility study	Full Support for BIM implementation with some resource commitment	Full support for BIM implementation with appropriate resource commitment	Limited support for continuing efforts with a limited budget			
BIM Champion	A BIM Champion is a person who is technically skilled and motivated to guide an organization to improve their processes by pushing adoption, managing resistance to change and ensuring implementation of BIM	No BIM Champion	BIM Champion identified but limited time committed to BIM initiative	BIM Champion with adequate time commitment	Multiple BIM Champions with each working Group	Executive Level BIM Support Champion with limit time commitment			
BIM Planning Committee	The BIM Planning Committee is responsible for developing the BIM strategy of the organization	No BIM Planning Committee established	Small Ad-hoc Committee with only those interested in BIM	BIM Committee is formalized but not inclusive of all operating units	Multi-disciplinary BIM Planning Committee established with members from all operative units	BIM Planning Committee includes members for all level of the organization including executives			

Imagen: Ejemplo matriz del desempeño actual de la organización

Alineamiento

Una vez que el comité de estrategia de implementación tiene identificado el nivel de madurez BIM actual de la organización, debe determinar los objetivos y visión BIM además del nivel de madurez que requiere alcanzar, para esto será necesario revisar los 6 elementos de planeación y definir el alcance que tendrá cada uno.

Metas y objetivos BIM: Es importante que los objetivos BIM aporten valor a la organización y estén alineados con la visión y misión de esta. Así:

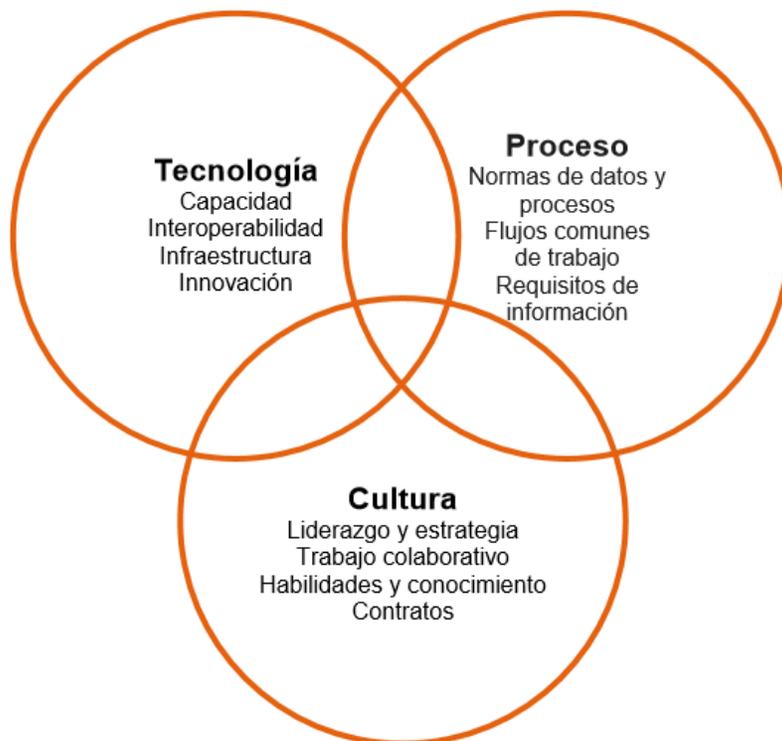
- Establecer las metas y objetivos para la implementación de BIM, ayuda al comité a planificar correctamente los pasos a seguir.
- Los objetivos deben incluir metas relacionadas con optimización de tiempos, reducción de costos, mejoras en procesos, retornos de inversión etc.
- Se debe incluir la capacitación continua del personal que estará involucrado en los procesos BIM como un objetivo de relevancia, lo cual facilitará tener un plan de mejora continua.
- Los objetivos BIM deben ser medibles y se deben organizar por prioridad.

Los elementos de planeación BIM: permiten al comité clasificar los pasos y elementos a tener en cuenta para una implementación exitosa. Estos elementos son:

- **Estrategia:** Define las metas y objetivos BIM, evalúa la preparación para el cambio, la gestión y soporte de recursos.
- **Usos:** Identifica los métodos en los que BIM se utilizará para generar, procesar, comunicar, ejecutar y administrar información.
- **Proceso:** Describe los medios para lograr los usos BIM documentando los procesos actuales, diseño de nuevos procesos y desarrollo de procesos de transición.

- **Información:** Define las necesidades de información de la organización, incluido el desglose de elementos del modelo, niveles de desarrollo y datos de las instalaciones.
- **Infraestructura:** Determina la infraestructura tecnológica para BIM, incluidos software, hardware, redes y espacios de trabajo físicos.
- **Personal:** Establece los roles, responsabilidades, educación y capacitación de los participantes activos en el proceso BIM establecido.

Los elementos de planeación BIM se dividen en categorías, en cada una se debe identificar el nivel de madurez actual, el nivel de madurez que se quiere alcanzar, además, las competencias requeridas para lograr los objetivos. A continuación, se indican algunas palabras o frases clave con la cuales se puede nombrar las competencias requeridas.



Avance

En este paso es importante que el comité de estrategia de implementación BIM genere un roadmap para mostrar de una forma sencilla y general los elementos clave de la estrategia de implementación y cuál es el camino para seguir en cada etapa.

Para trazar la estrategia BIM para una organización, es valioso comprender el tipo de información que se mostrará y los pasos necesarios para desarrollar una hoja de ruta (roadmap). Los puntos que deben incluirse en este roadmap:

- Elementos de planificación
- Periodo de tiempo
- Estado actual de la organización con BIM (¿Dónde estás ahora?)
- Estado final deseado de la organización con BIM (¿Dónde quieres estar?)
- Etapas intermedias o hitos necesarios para alcanzarse (¿Cómo llegar?)
- Usos BIM que se utilizarán internamente dentro de la organización.

	1 Year	2 Year	5 Year	10 Year
Work Control Center	Deploy Maximo 7	Begin integration of BIM with Maximo systems	Standard information integration for assets and space	Full integration of all major information systems within the university
D&C	Integrate BIM and Revit into design process Advance BIM in construction	Full integration of BIM within design and construction	BIM becomes standard process for all projects	Undetermined
Energy & Engineer	Begin integration of energy into BIM	-	Begin integration of energy and BAS data into Maximo system	Undetermined
FRP	-	FIS system replaced with BIM and Maximo	Full adoption of new FIS system	Undetermined
Common wealth Serv	Integrate BIM and Revit into design process Advance BIM in construction	Full integration of BIM within design and construction	BIM becomes standard process for all projects	Undetermined
Campus Plan & Design	Education	Provide basic visualization tools	-	Develop virtual campus
Bldg & Grnds	-	Use information from BIM for maintenance	Full adoption of BIM information	-
Admin & Financial	OPP stores and Maximo Integration	-	BIM info linked with stores to improve predictive purchasing	-

Figure 2-5: Penn State OPP Strategic BIM Roadmap

Capítulo 2

BIM MANAGER

BIM es la metodología actual para administrar proyectos de construcción, por lo tanto, el líder del proyecto debe determinar los alcances para la repartición de trabajo y el flujo de información con esta forma de construir. La correcta coordinación entre profesionales y modelos depende del BIM Manager, por lo que debe de ser capaz de combinar conocimiento tecnológico y administrativo para la correcta implementación de BIM.

Temas:

- Establecimiento de un equipo para implementación de BIM
- Evaluación estrategia para la implementación de BIM.
- Gerencia BIM.

Establecimiento de un equipo para implementación de BIM

El equipo de implementación BIM debe estar compuesto por las personas que serán las responsables directas implementar del plan BIM estratégico (definido por el comité BIM), Los integrantes del equipo BIM deben ser seleccionados de acuerdo a los usos BIM y el roadmap establecidos en el plan estratégico BIM y contar con la autoridad suficiente para realizar cambios en los procesos dentro de sus respectivas áreas, además, deben contar con el tiempo suficiente para dedicar a la implementación de BIM.

Integrantes de un equipo de implementación BIM

Se debe procurar que los miembros de un equipo BIM se mantengan en el proceso de implementación brindando apoyo y orientación sobre las tareas a realizar, por lo tanto, es importante establecer roles y responsabilidades de cada persona para mantener una dinámica que permita que el flujo de trabajo se mantenga en la dirección correcta. También es importante considerar que el equipo puede cambiar o expandirse a otras áreas dentro de la organización y esto implica que los miembros del equipo pueden cambiar, sin embargo, la estrategia de implementación presentada debe ser flexible para que esta puede irse adaptando a medida que la implementación avanza.

Los integrantes de un equipo de implementación BIM deben ser seleccionados por el comité BIM, se les debe asignar roles de estrategias, administración, técnicos y consultoría. Los perfiles profesionales requeridos para un equipo de implementación BIM se indican a continuación:

1. BIM Champion
2. Gerente BIM
3. Líder BIM operativo
4. Consultor de apoyo para implementar BIM

1. BIM Champion

Es responsabilidad del BIM Champion llevar el proceso de planificación a su conclusión y compartir su valor con los demás para garantizar que se otorgue la cantidad adecuada de recursos (tiempo, personal y esfuerzo) a la planificación.

Responsabilidades:

- Desarrollar estándares y procesos BIM organizacionales, incluido el lenguaje del contrato.
- Supervisar la implementación de BIM dentro de la organización.

Capacidades:

- Experiencia BIM
- Debe estar automotivado
- Fácilmente adaptable a procesos siempre cambiantes.

2. Gerente BIM

Es fundamental que la gerencia acepte el uso BIM para mejorar las operaciones, además, debe procurar el personal, tiempo y esfuerzos para garantizar el éxito de la implementación.

Responsabilidades:

- Promover la adopción y el cambio BIM organizacional.

Capacidades:

- Capacidad de proporcionar apoyo financiero para la adopción de BIM.
- Comprensión básica de BIM.
- Comprensión de las metas y objetivos BIM de la organización.

3. Líder BIM operativo (técnico)

El líder BIM operativo no necesariamente debe ser un administrador, pero es importante que tenga influencia sobre la administración y el apoyo de esta. La función del líder BIM operativo es aportar información valiosa sobre los procesos y necesidades de información al equipo de implementación BIM, y apoyar en el proceso de evaluación de los resultados.

Responsabilidades:

- Documentar los procesos de la unidad operativa y las necesidades de información.
- Validar la adecuación de los planes BIM para la unidad operativa.
- Liderar la implementación e integración de BIM dentro de la unidad operativa.

Capacidades:

- Influencia significativa dentro de la unidad operativa.
- Comprensión del impacto de BIM en la unidad operativa.
- Capacitación en sistemas BIM relacionados con la unidad operativa.

4. Consultor de apoyo para implementar BIM

El consultor BIM es necesario para apoyar la implementación de los métodos de documentación, estructura organizaciones y definición de procesos. En caso de que no sea posible contratar un consultor será necesario apoyarse en cursos o adquirir información sobre los temas indicados.

Evaluación estrategia de implementación BIM

La puesta en marcha de la implementación de BIM por parte del equipo que ejecutará las actividades que se llevarán a cabo para definir el plan de ejecución BIM a nivel corporativo consta de cuatro etapas:

- Generar un plan de diseño de procesos integrados
- Determinar requerimientos de modelos y necesidades de información
- Identificar las necesidades de infraestructura
- Elaborar un plan de capacitación y educación BIM

Generar un plan de diseño de procesos integrados

El equipo BIM debe conocer los procesos actuales de la organización y deberá documentarlos, para luego identificar cuales se convertirán en procesos BIM. Será necesario establecer los pasos a seguir que permitan realizar los cambios en los procesos, estos pasos son:

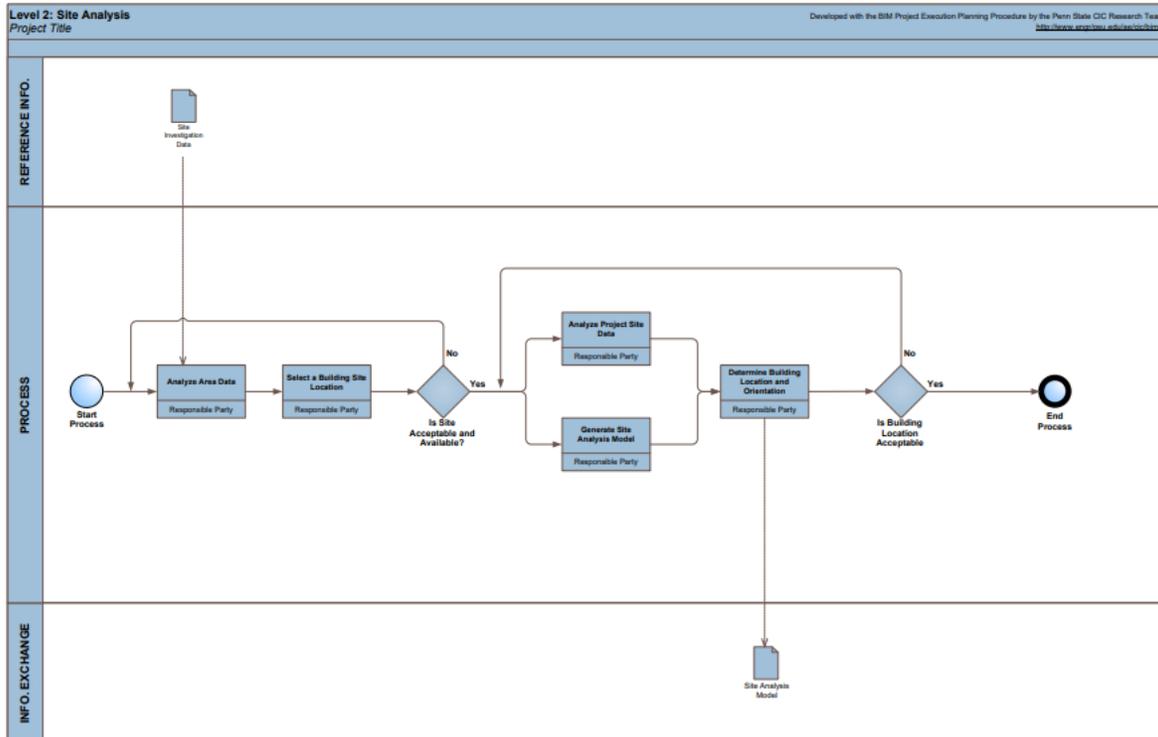
- Métodos de documentación
- Estructura organizacional y procesos
- Revisión de los procesos actuales
- Identificar los procesos clave
- Determinar las tareas para la transición hacia BIM
- Generar un plan de transición general para la organización

Métodos de documentación

Los métodos de documentación permiten mapear los procesos. Los Métodos de documentación que se pueden estudiar y usar:

- IDEF0
- Modelado funcional del lenguaje unificado (UML)
- Notación de modelado de procesos empresariales (BPMN) – **Actualmente la guía del Plan de ejecución BIM está basada en este método.**

Cada método tiene sus propias técnicas y no necesariamente es mejor que otro, la organización debe escoger el método que va a usar para todas las áreas. Algunas organizaciones pueden tener ya implementado cualquiera de los métodos nombrados, la recomendación es que el equipo BIM siga con el método que ya se está usando y solo haga los ajustes necesarios.



En este link se puede encontrar algunos ejemplos sobre como realizar un diagrama de procesos BPMN https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-la-notacion-de-modelado-de-procesos-de-negocio#discovery_top

Estructura organizacional y de procesos

Es necesario revisar constantemente la estructura organizacional de todas las unidades operativas involucradas con BIM, pues cada área tiene diferentes tareas y procesos. Por lo tanto:

- Las tareas y responsabilidades deben documentarse claramente.
- Si ya se tiene establecida una estructura organizacional debe revisarse para realizar las modificaciones relacionadas con la implementación de BIM.

Revisión de procesos actuales

Es necesario revisar los procesos de todas las unidades operativas involucradas con BIM, pues cada área tiene diferentes tareas y procesos. Por lo tanto:

- Las tareas y responsabilidades deben documentarse claramente.
- Si ya tiene establecida una estructura organizacional debe revisarse para realizar las modificaciones relacionadas con la implementación de BIM.
- El equipo BIM debe reunirse con los gerentes de cada área para determinar las responsabilidades específicas de la unidad correspondiente.
- El equipo BIM puede o no estar inmerso en las responsabilidades específicas de una unidad, sí lo está debe identificar cuáles son las responsabilidades de este.

Identificar procesos clave

Una vez documentados los procesos actuales será necesario identificar cuáles son los procesos clave que impactará la implementación de BIM, entonces:

- El equipo BIM, apoyado por los usuarios asignados por cada unidad técnica realizarán una revisión del mapa de procesos para incluir la integración de BIM.
- Puede ser necesario reemplazar procesos o modificar los ya existentes, por lo tanto, debe documentarse los cambios y detallar los procedimientos nuevos.

Determinar las tareas para la transición hacia BIM

Una vez que se documentan los procesos existentes, los objetivos y usos BIM, será posible crear un plan detallado para la transición en el cual se debe:

- Especificar las tareas para la transición del proceso actual al proceso integrado BIM.
- Las tareas deben ser medibles en tiempo, se deben establecer hitos y tener una fecha de finalización.
- Se debe establecer un método que permita medir los avances de manera puntual por ejemplo utilizar el CPM (método de ruta crítica)

El método CMP (equivalente a la sigla en inglés **Critical Path Method**) es frecuentemente utilizado en el desarrollo y control de proyectos. El objetivo principal es determinar la duración de un proyecto, entendiendo éste como una secuencia de actividades relacionadas entre sí, donde cada una de las actividades tiene una duración estimada. Información acerca de CPM <http://www.investigaciondeoperaciones.net/cpm.html>.

Generar un plan de transición general para la organización

Una vez documentado el plan detallado de la transición de cada objetivo y uso BIM, se debe crear un mapa de transición BIM para la organización completa, el cual comprende:

- Duración de la implementación BIM para la organización.
- La implementación de cada uso BIM y su nivel de madurez, indicando hitos críticos.
- Se debe incluir el cronograma para completar todos los hitos.
- Se debe establecer un método que permita medir los avances de manera puntual por ejemplo utilizar el CPM (método de ruta crítica).

Determinar requerimientos de modelos y necesidades de información

Para cada equipo y proceso definido en el diseño del plan de implementación BIM es fundamental conocer los “requerimientos de los modelos y la información que contienen”, pues como sabemos la metodología BIM gira con base a la información gráfica inteligente. Tanto el modelo geométrico como los datos son parte de los requerimientos de información.

La información BIM está basada en:

- **Modelo geométrico:** que es una representación 3D electrónica de los elementos que componen el proyecto y que tienen asociados datos.
- **Los datos:** son información no gráfica asociada a cada elemento del modelo y definen las características de estos.

En cuanto a las necesidades de información el equipo encargado de la implementación de BIM, debe recopilar las necesidades de información:

- Entrevistando a las personas interesadas en cada unidad o área de trabajo, esta tarea se puede llevar a cabo en conjunto mientras se hace la revisión de los procesos clave o por separado.
- También el equipo de implementación puede utilizar un formato que se deberá llenar con las necesidades de información.

Para responder a las necesidades de información se deben formular preguntas como;

- ¿Qué elementos de construcción u otra información (por ejemplo, habitaciones y zonas) se rastrea y qué formación adicional sería beneficiosa para rastrear?
- ¿Qué información es beneficiosa para mostrarse geoméricamente (en un modelo) y qué información se muestra mejor en una hoja de cálculo o base de datos?
- ¿Cuál es el nivel de desarrollo necesario para que cada elemento del modelo?
- ¿Cuáles son los datos de propiedades o instalaciones sobre los elementos del edificio que deben documentarse, incluidos los que actualmente se rastrean y los que serían beneficiosos rastrear?

La organización debe adoptar un estándar para hacer un “Desglose de la estructura de los elementos del modelo” (Model element breakdow Structure), lo cual implica:

- Clasificar la información del modelo bajo un estándar, lo cual facilitará transferir la información de una aplicación a otra.
- Cada unidad debe usar una estructura de desglose similar, lo cual se puede conseguir utilizando las tablas basada en OmniClass, también pueden usarse otros estándares como CSI, UniFormat o MasterFormat, en caso de los proyectos de construcción. Para los proyectos de **infraestructura** uno de los estándares utilizados es el AIA NCS en versión 3 o superior, el cual está basado en el United States National CAD Standard® Content.

- Puede ser que algunos elementos no tengan información para ser utilizados en los estándares mencionados, por ejemplo, rooms, zonas, espacios etc. El equipo BIM puede establecer una estructura para estos elementos.

Necesidades del modelo a nivel organización

Una vez establecido el estándar a usar para el “Desglose de la estructura de los elementos del modelo” (Model element breakdow Structure) se debe determinar la necesidad de información de cada elemento en el modelo en cada unidad o área de la organización para determinar qué tan importante es la cantidad de información y nivel de detalle de los elementos para alcanzar los usos BIM clave, esta información debe llenarse en un formato.

El nivel de desarrollo (LOD) permitirá determinar la cantidad de información y el detalle de la geometría de los elementos en el modelo. Actualmente el **nivel de desarrollo progresivo adoptado por la AIA E202 es el más utilizado.**

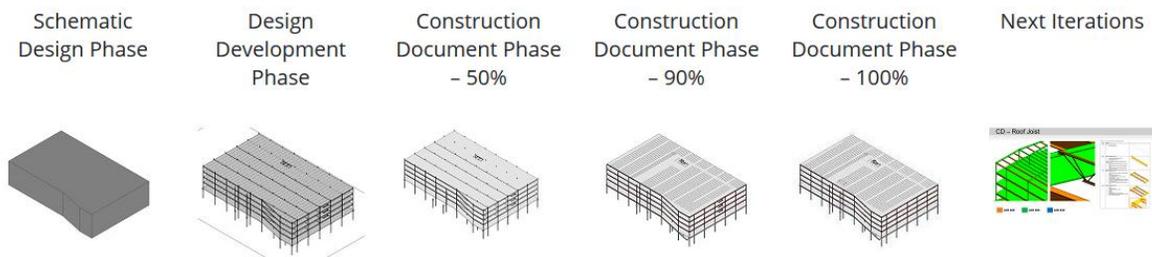


Imagen <http://cd-bim.com/lof/sample-model/>

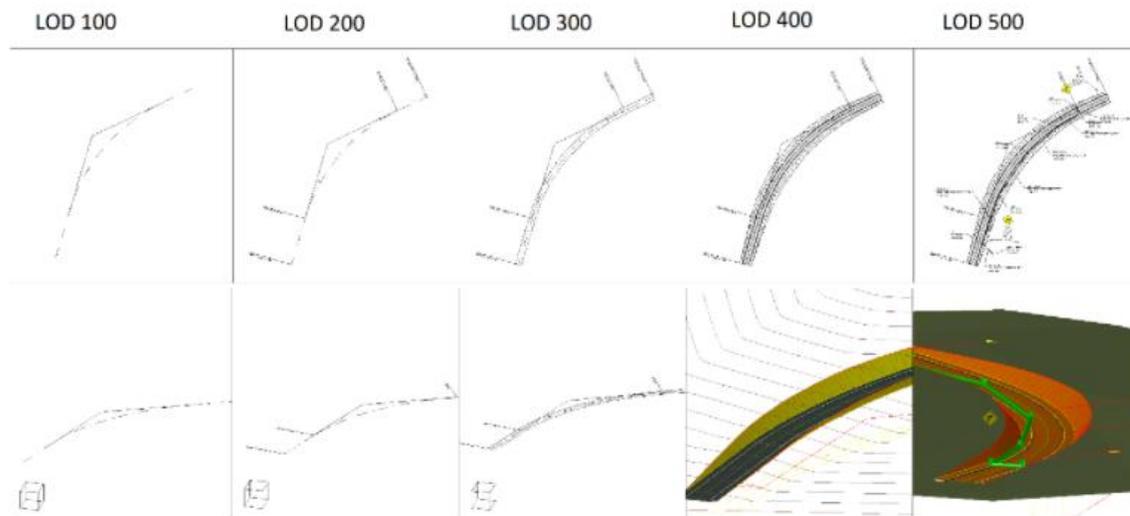


Imagen: <https://blogs.autodesk.com/latam>

El nivel de desarrollo (LOD) no necesariamente especifica la cantidad de información no gráfica que puede estar asociada a un elemento, pero también puede ser que su organización no requiera ingresar datos para mantenimiento.

- Puede ser que exista información adicional que necesite agregarse a los elementos incluso para elementos que no estén modelados.
- información que deba asociarse a los objetos para la operación.
- Las propiedades adicionales que pueden necesitar agregarse a los elementos se pueden consultar en la tabla OnmiClass 49, para los proyectos de edificación.
- En el caso de los proyectos de infraestructura se trabajan los niveles de desarrollo del proyecto basándose en las escalas, por ejemplo; 1:5000 para prefactibilidad, 1:2000 para factibilidad, y 1:1000 o mayores para diseño de detalle.
- También puede utilizar el estándar COBle como referencia para datos de operación, para los proyectos de edificación.

Compilar las necesidades del modelo a nivel organizacional

Se debe generar una lista completa que incluya todas las necesidades de información de cada unidad o área de la organización. Debido a que cada unidad puede tener una necesidad de LOD diferente, se debe tomar como referencia el más alto, para generar el informe por cada elemento. Se debe definir un solo estándar para el desglose de la estructura de los elementos, el cual puede estar basado en cualquiera de las tablas, y el estándar para determinar si se incluirá información de operación en los elementos, evaluando el costo – beneficio que implica este trabajo.

Identificar las necesidades de infraestructura

Los cambios en los procesos causados por la adopción de BIM pueden requerir necesidades nuevas en la infraestructura de la organización. Por infraestructura nos referimos a software, hardware o espacios de trabajo que deban actualizarse o agregarse.

Necesidades de software

La selección del software es un factor crítico. Antes de hacer una adquisición de software es necesario preguntarse si el software cumple los requerimientos de acuerdo con:

- Los presupuestos que está dispuesto a invertir la organización.
- Soporte técnico, garantías, actualizaciones proporcionadas por el proveedor.
- Los objetivos y usos BIM de la organización.

Se recomienda desarrollar un formato que permita establecer cuáles son los factores que determinarán características del software que se debe adquirir.

VARIABLE	FACTOR
SOFTWARE (TECHNICAL)	-Availability of an integrated hardware/ software package -Compatibility with existing hardware/software -Ease of use/user-friendliness -Availability of source code
SOFTWARE (NON-TECHNICAL)	-Price (initial cost and maintenance/upgrades) -Popularity
VENDOR (TECHNICAL)	-Technical support -User training -Technical skills -Experience of using products developed by the
VENDOR (NON-TECHNICAL)	-Reputation -Business skills -References -Past business experience with the vendor
OPINIONS (TECHNICAL SOURCES)	-Potential vendors/sales representatives -In-house "experts" -External consultants -Public Reviews
OPINIONS (NON-TECHNICAL SOURCES)	-Subordinates -End-users -Outside personal acquaintances

Imagen: Factors to Consider when Selecting Software Systems, Planning Guide for facility owners

Una organización debe adquirir software que sea compatible con los usos y objetivos BIM, se debe tomar en cuenta que estas aplicaciones deben ser compatibles, actualizables y cambiantes debido a que la organización debe seguir evolucionando sus procesos, principalmente generar y gestionar modelos para los diferentes usos BIM, opcionalmente se recomienda adquirir sistemas complementarios para autoría de diseño, comprobar autoría de planos, revisión de diseños, monitoreo y control de instalaciones, realizar análisis constantes sobre el rendimiento de los sistemas, software para operación y mantenimiento.

Necesidades de Hardware

La organización debe adquirir hardware que sea compatible con los usos y objetivos BIM. Se deberían considerar 3 tipos de estaciones de trabajo tomando en cuenta el tipo de usuario que las usará:

- **Móviles:** se pueden considerar teléfonos inteligentes y tablets, los usuarios que usan estos dispositivos generalmente deberán tener acceso a aplicaciones de nube.
- **Fijos:** Se consideran equipos de escritorio o laptops. Estos equipos proporcionan a los usuarios la posibilidad de trabajar con aplicaciones que soportan grandes volúmenes de datos, tanto localmente como desde la nube.

- **Colaborativos:** se deben considerar equipos según la cantidad de personas y el tipo de datos que se estén procesando, esto incluye los espacios destinados para estos equipos.

Elaborar un plan de capacitación y educación BIM

Es importante que el equipo BIM esté consciente que BIM implica actualización y seguimiento constante para procurar mejoras constantes a los procesos. Por esta razón se debe establecer un plan de educación y capacitación para los usuarios que estén involucrados con BIM.

Para elaborar un plan de capacitación y educación adecuado para BIM, los equipos involucrados deben tener claro cuál es la diferencia entre capacitación y educación.

- **Capacitación** es entrenar a alguien para que lleve a cabo un proceso específico de forma eficiente.
- **Educar** es realizar una instrucción formal acerca de un tema, por ejemplo, BIM.

El plan de educación sobre BIM ayudará a todos los involucrados a entender los objetivos de la organización sobre esta metodología. El plan de educación BIM debería incluir temas como:

- ¿Qué es BIM y como se puede usar?
- ¿Cuál es el propósito de incluir BIM en la visión, misión y plan estratégico de la organización?
- ¿Cómo influye BIM en los roles y responsabilidades?
- ¿Cuáles son las lecciones aprendidas sobre BIM en la organización?
- ¿Cuáles recursos están asignados para BIM?

Es importante establecer los niveles de información en la educación que recibirán los usuarios según su rol y responsabilidad dentro de la organización.

El equipo BIM debe armar un plan de educación que sea eficiente según los intereses de la organización, tomando en cuenta que:

- Al personal interno que está involucrado con tareas y procesos específicos se les puede educar a través de talleres o seminarios que pueden ser dictados por el BIM Champion o alguien del equipo de implementación.
- El BIM Champion y los integrantes del equipo de implementación BIM deben recibir educación formal externa, impartida por organizaciones expertas en BIM, Universidades etc.

Gerencia BIM

BIM es una forma de administrar proyectos de construcción, por lo tanto, necesita que el líder del proyecto entienda los alcances que tiene BIM y cómo funciona la repartición de trabajo y el flujo de información con esta forma de construir.

La correcta coordinación entre profesionales y modelos de construcción depende del BIM Manager, por lo que debe de ser capaz de combinar conocimiento tecnológico y administrativo para la correcta implementación de BIM.

Una vez que se ha documentado el plan de diseño de procesos, modelos y necesidades de información, necesidades de infraestructura, capacitación y educación BIM, la gerencia BIM se encargará de crear la estrategia que llevará a cargo los cambios para la adopción de BIM.

La gerencia BIM está involucrada directamente con la operación en el desarrollo de los proyectos BIM, y debe ser responsable junto con el BIM Champion de la implementación del **Plan de ejecución BIM**.

La gerencia BIM es responsable de organizar los equipos y actividades que se llevaran a cabo para establecer los procesos BIM, por lo tanto, en su rol estrategia debe establecer:

- Los roles y responsabilidades en los equipos BIM
- Reuniones importantes del proyecto
- El Plan de ejecución BIM (BEP)

Roles y responsabilidades de un equipo BIM

El objetivo es establecer un proceso de colaboración más eficiente a través de la definición detallada de los roles y responsabilidades que tendrá cada persona en el equipo. Para crear sinergia en el equipo todos deben de conocer los roles y definiciones.

Un equipo BIM debe contar con mínimo tres roles; Estrategas, administrativos, producción



Rol Estratega

Son las funciones que impactan múltiples proyectos (nivel empresarial), las principales responsabilidades de los roles estratégicos son:

1. Identificar los objetivos de BIM.
2. Establecer los lineamientos del esquema de trabajo (Best Practices)
3. Establecer los procesos de trabajo.
4. Creación de estándares y protocolos.
5. Implementación de educación y capacitación.

El rol de liderazgo de un proceso BIM lo cumple el BIM Manager. Las aptitudes con la que debe contar un BIM Manager son:

- Comprender perfectamente las implicaciones y el potencial de BIM (Visión).
- Ser parte del comité responsable de desarrollar la estrategia de implementación de BIM a nivel organizacional (cambio de cultura) y a nivel proyecto.
- Convencer a los miembros de su equipo de la importancia de BIM (Liderazgo).
- Conocimientos técnicos de un proyecto de Construcción.
- Habilidad para el manejo de la información en un proyecto.
- Conocimiento de las herramientas que se usan para modelar el proyecto.
- Capacidad administrativa y manejo de grupo.
- Innovador.

El BIM Manager tiene responsabilidades enfocadas a cumplir tanto los objetivos corporativos como a nivel proyectos.

A nivel corporativo el BIM Manager debe cumplir con los objetivos corporativos cumpliendo las siguientes responsabilidades:

- **Investigación:** conocimiento de tecnologías enfocadas a BIM.
- **Procesos y productividad:** Conocimiento de estándares y protocolos establecidos en la organización para proyectos BIM, oportunidades de mejoras.
- **Estándares:** establecimiento de estándares para diseño, intercambio y publicación de la información de los modelos.
- **Implementación:** liderar, convencer y comprometer a los involucrados en el uso de la metodología.
- **Entrenamiento:** mantenerse informado sobre los avances de BIM y las plataformas enfocadas a BIM, y organizar la impartición del conocimiento a los involucrados e interesados.
- **Plan de Ejecución de BIM:** Esta involucrado en la definición del plan de ejecución BIM a nivel organización y proyectos.

Las responsabilidades del BIM Manager a nivel proyecto son:

1. Definir objetivos del proyecto
2. Estar involucrado directamente en definir el plan de ejecución de BIM a nivel de proyecto. (qué archivos se generarán, por qué, por quién y para cuando).
3. Establecer protocolos para la Coordinación de los Modelos, para:
 - Revisiones de la calidad.
 - Verificar que los modelos trabajen en conjunto.
 - Asegurarse que la información sea interoperable.
 - Que exista una organización adecuada de modelos y versiones.
4. Organización de un plan de capacitación y educación. (talleres, cursos).
5. Establecer normas para extraer y manipular información de los modelos para propósitos BIM tales como Integración, detección de conflictos, cuantificaciones, Intercambio y publicación de información etc.

Rol estrategia según la Norma Técnica MIC

La Norma Técnica que regula el Modelado de Información de la Construcción (Building Information Modelling) en proyectos de obra pública de la SICT en México, recomienda los siguientes roles y responsabilidades en un equipo BIM:

Gerente BIM

- a. Este perfil requiere un nivel mínimo de director general o equivalente.
- b. Encargado de llevar a cabo la operación BIM dentro de la organización, en el ámbito del proyecto.
- c. Participa activamente en procesos de implementación y permanencia de la metodología BIM.

Gerente de información del proyecto

- a. Apoya el desarrollo del proyecto BIM y los requisitos de información.
- b. Desarrolla y mantiene el Plan de Ejecución BIM.
- c. Asegura que los procesos y los comportamientos de colaboración se adopten plenamente en todo el proyecto.
- d. Proporciona el centro de coordinación para todas las cuestiones de gestión de datos e información sobre el proyecto.
- e. Coordina las necesidades del proyecto relativas a soluciones informáticas.
- f. Establece, acuerda y aplica normas de estructuras de datos e información para el BIM.
- g. Organiza y facilita talleres para acordar el Plan de Ejecución BIM.
- h. Acuerda formatos para los resultados del proyecto y ayuda a los equipos de trabajo a reunir información para los resultados del proyecto.
- i. Asegura que los componentes del BIM estén estrictamente controlados y se difundan de manera eficiente a los destinatarios, utilizando un mecanismo de distribución de documentos que erradique la copia de los documentos en circulación.
- j. Establece y gestiona el Entorno Común de Datos (ECD).
- k. Gestiona los procesos de ECD y valida el cumplimiento, incluyendo el acuerdo de protocolos y procesos de intercambio de información.
- l. Asegura que el BIM se ha producido, utilizado y gestionado de acuerdo con el Plan Maestro de Entrega de Información (PMEI) y el Plan de Ejecución BIM.
- m. Asegura que el BIM se comparta con los participantes del proyecto utilizando las soluciones informáticas acordadas.

- n. Asegura que todos los metadatos requeridos se capturen y sean correctos, de acuerdo con la normatividad aplicable y el Plan de Ejecución BIM.
- o. Imparte instrucciones claras al equipo del proyecto sobre las siguientes áreas: qué información se requiere, por quién y con qué propósito; quién generará la información y quién la mantendrá; cómo será clasificada y distribuida; frecuencia y los factores desencadenantes del intercambio de datos e información; qué medidas deben adoptarse al recibir la información.
- p. Entrena y capacita al equipo del proyecto sobre la normatividad aplicable y el proceso BIM adoptados para el proyecto.

Rol administrativo

Por el volumen de trabajo que implica un proyecto BIM, se recomienda que las personas que cumplen roles administrativos se enfoquen a coordinar únicamente un proyecto a la vez, sus principales responsabilidades son:

1. Ejecutar el Plan de ejecución de BIM a Nivel Proyecto.
2. Revisión de BIM.
3. Coordinación Interdisciplinaria para BIM.
4. Creación de Contenido.

El coordinador BIM es quién tiene el rol administrativo en un equipo BIM y principalmente se enfoca en llevar la administración técnica del proyecto en las siguientes actividades:

1. Crear y administrar los archivos principales del proyecto.
2. Definir y supervisar las reglas de coordinación de los modelos.
3. Asignación del trabajo
4. Revisión y actualización de las guías y protocolos de estándares.
5. Supervisar el cumplimiento del plan de ejecución que se haya establecido para el proyecto.

Rol de producción

El rol de producción lo cumplen los generadores de contenido para el proyecto. Las principales funciones de este rol son:

1. Producción de Modelos (Detallado, Análisis, Modelado 3D)
2. Producción de Dibujos (planos a través de BIM)
3. Obtención de Información valiosa para otras áreas. (cuantificaciones, vistas, detalles)

Las personas que se desempeñan en los roles de producción en los equipos pueden apoyar en otras actividades que se derivan de los procesos BIM generando información.

Los usuarios generadores de información, principalmente se enfocan a generar información para el proyecto asegurándose que se cumplan los protocolos y estándares establecidos en la guía para uso de BIM. Estas funciones pueden ser:

- **Publicadores de información:** Se encargan de publicar información del modelo de acuerdo con los formatos de archivos especificados en el plan de ejecución BIM según los requerimientos de los usuarios, por ejemplo, para Revisión de interferencias, Planos para obra, Modelos que se revisaran en obra, Planos o modelos que se revisaran en reuniones etc.
- **Audidores** – su función es realizar revisiones periódicas de los modelos, para confirmar que estos cumplan con las especificaciones del proyecto según el plan de ejecución.
- **Administradores de archivos** - encargados de organizar y coordinar los modelos principales en una ubicación específica para mantener el repositorio central del proyecto con los archivos actualizados.

Rol de producción según la Norma Técnica MIC

El rol de producción lo cumplen los generadores de contenido para el proyecto. Las principales funciones de este rol son:

- a. Producción de modelos (detallado, análisis, modelado 3D).
- b. Producción de dibujos (planos a través de BIM).
- c. Obtención de información valiosa para otras áreas (cuantificaciones, vistas, detalles).

El rol productivo puede dividirse en las siguientes funciones:

1. Analista(s) BIM por especialidad: para las especialidades de arquitectura, obra civil, estructuras, instalaciones y otros.
2. Modelador(es) BIM por especialidad: para las especialidades de arquitectura, obra civil, estructuras, instalaciones y otros.
3. Cuantificador(es) BIM: encargados de realizar el seguimiento y el control de la obra y llevar a cabo las estimaciones económicas para efectos de pago.
4. Autores de BIM: desarrollan los componentes del BIM para una tarea particular o para un conjunto de tareas asignadas a su equipo de tareas de acuerdo con los Requisitos de Información, el PMEI y el Plan de Ejecución BIM.

La Matriz de Responsabilidades es un arreglo bidimensional en el que las columnas corresponden a la información que se va a producir y los renglones corresponden al responsable de producir dicha información.

A continuación, se presenta un ejemplo de matriz de responsabilidades según los roles y responsabilidades mencionados anteriormente:

ROL	ESTRATÉGICO						ADMINISTRATIVO				PRODUCTIVO			
	Objetivos	Investigación	Procesos + Flujos de Trabajo	Implementación	Estándares	Educación + Capacitación	Ejecución del PEB	Auditoría de Modelos BIM	Coordinación de Modelos BIM	Administración de Contenido BIM	Análisis	Modelado + Documentación	Cuantificación	Creación de Contenido BIM
Gerente BIM	X	X	X	X										
Gerente de información del proyecto	X	X	X	X	X	X								
Coordinador BIM						X	X	X	X					
Analista BIM por especialidad									X	X				
Modelador BIM por especialidad										X	X			
Cuantificador BIM												X		
Autor de BIM														X

Reuniones del proyecto

La gerencia BIM debe definir las reuniones que involucran presentar información de los modelos, por lo tanto, se debe especificar:

1. El formato de archivo que se usará en las reuniones.
2. Las disciplinas que debe incluir el modelo (arquitectura, instalaciones, estructuras).
3. Definir las plataformas tecnológicas que se utilizarán para presentar datos de los modelos BIM.

El uso de BIM para reuniones implica usar **Plataformas Tecnológicas** que permitan acceder a los datos desde un **repositorio de información único y desde la nube**, con restricciones para visualizar, modificar o descargar información, con el objetivo de que todos los interesados puedan consultar los datos y revisarlos en cualquier momento y siempre desde una única fuente de datos.

Plan de ejecución BIM (introducción)

Con el plan de ejecución BIM (BEP) consiste en desarrollar el plan de trabajo, estableciendo cuales son las fechas importantes, entregables y objetivos.

El plan de ejecución BIM se desarrolla basado en 4 elementos:

1. Identificar los usos BIM durante las fases de planificación, diseño, construcción y operación del proyecto.
2. Diseño del proceso de ejecución BIM.
 - Primero se debe desarrollar un mapa de procesos de alto nivel

- Los responsables de cada proceso BIM deben desarrollar el proceso específico para cada uso BIM.
 - Los mapas de proceso deben estar acompañados por los datos de “intercambios de información”
3. Definir los entregables BIM en forma de intercambios de información.
 4. Desarrollar la infraestructura de soporte para la implementación de BIM.

Como ya se ha mencionado ningún proyecto es igual a otro, por lo tanto, el BEP deberá ir modificándose según el proyecto, sus objetivos y usos. Los cuatro elementos que componen un BEP deben incluir el detalle de los siguientes puntos clave:

1. **Información del proyecto:** Debe incluir todos los datos del proyecto como, por ejemplo; dueño del proyecto, tipo de contrato, tipo de proyecto, ubicación, contactos, coordenadas etc.
2. **Miembros del proyecto:** Presentación de todos los participantes en el proyecto, incluyendo nombres, correos, números de contacto etc.
3. **Roles y responsabilidades de equipos:** Identificar las personas responsables de: gerenciar, coordinar, generar contenidos, compartir, publicar, documentar, generar librerías y auditar modelos.
4. **Objetivos y usos:** Definición de los Objetivos BIM que tendrá el proyecto. ¿Para qué queremos usar BIM en este proyecto? También se definen los usos que tendrá BIM a lo largo del proyecto, así como los esquemas de trabajo para alcanzar estos objetivos.
5. **Entregables BIM:** Se definen los formatos en los que deben entregarse los modelos y planos, responsables de realizar las entregas, plan maestro de entregas.
6. **Elementos del modelo, niveles de detalle:** Nomenclaturas y convenciones para disciplinas, establecer organización de las carpetas y archivos de proyectos, definir formatos de nombres de archivos y carpetas, definir formatos de nombres para librerías y niveles de detalle, atributos de datos, enfoque de anotaciones etc.
7. **Creación, edición y entorno colaborativo de modelos:** Organización de las estructuras del modelo, para permitir acceso multidisciplinario y multiusuario, así como desarrollo del proyecto en fases.
8. **Entorno de colaboración de datos:** Se definen los formatos de intercambio de los modelos y planos, además de las herramientas de traspaso de formatos.
9. **Plataformas tecnológicas e infraestructura:** Se define software y hardware que se va a utilizar para cada etapa, y como se van a trasladar los modelos entre diferentes aplicaciones.

Capítulo 3

Desarrollo de la estrategia para implementación BIM

El equipo de implementación BIM debe desarrollar el plan de trabajo, estableciendo los procesos, estándares, objetivos e infraestructura a utilizar para los proyectos BIM.

Temas:

- Objetivos de involucramiento de BIM
- Niveles de detalle
- Revisión principales estándares en el uso BIM
- Conocimiento de plataformas tecnológicas infraestructura hardware y software
- Crear una estrategia BIM
- Evaluación de tendencias de la industria
- Importancia de los contratos BIM
- Generación de un plan de capacitación

BIM es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual. Es decir, por una parte, las tecnologías permiten generar y gestionar información mediante modelos a lo largo del ciclo de vida de un proyecto y, por otra parte, las metodologías, basadas en estándares, permiten compartir esta información de manera estructurada entre todos los actores involucrados, fomentando el trabajo colaborativo e interdisciplinario, agregando así, valor a los procesos de la industria.

BIM viene a replantear la forma tradicional de trabajo individual y fragmentada, proponiendo una metodología de trabajo colaborativo. Esta metodología pone en el centro de interés la generación de información concisa de un proyecto y el intercambio fluido de ésta entre los diferentes actores involucrados a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto.

Objetivos del involucramiento BIM en los proyectos

BIM se incorpora en los requerimientos de los proyectos con el fin de disminuir los problemas en el ámbito de la construcción de los cuales se pueden mencionar: la baja adopción de métodos avanzados de gestión, la fragmentación de las etapas y actores en el proceso de diseño, construcción y operación, la falta de estandarización, el bajo uso de materiales prefabricados, la falta de capacitación de los trabajadores, entre muchos otros. Para la correcta aplicación de la metodología BIM en el marco de un proyecto, es clave que existan previamente objetivos claros definidos para su utilización.

Objetivo general

Se entenderá por objetivo general de la utilización de BIM la meta principal que se quiere alcanzar a través del uso de esta metodología en un proyecto determinado. Este objetivo no se refiere a la meta de la institución sino del proyecto en particular, sin embargo, en algunos casos podrían coincidir. El objetivo general debe ser claro, conciso, alcanzable en los plazos definidos con los recursos disponibles y debe estar orientado a resultados concretos.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos de la utilización de BIM en el proyecto son metas enfocadas a tareas medibles que apuntan a responder a los problemas concretos del mismo. Estas metas pueden ser más de una y siempre deben estar alineadas al objetivo general de la solicitud de BIM en el proyecto.

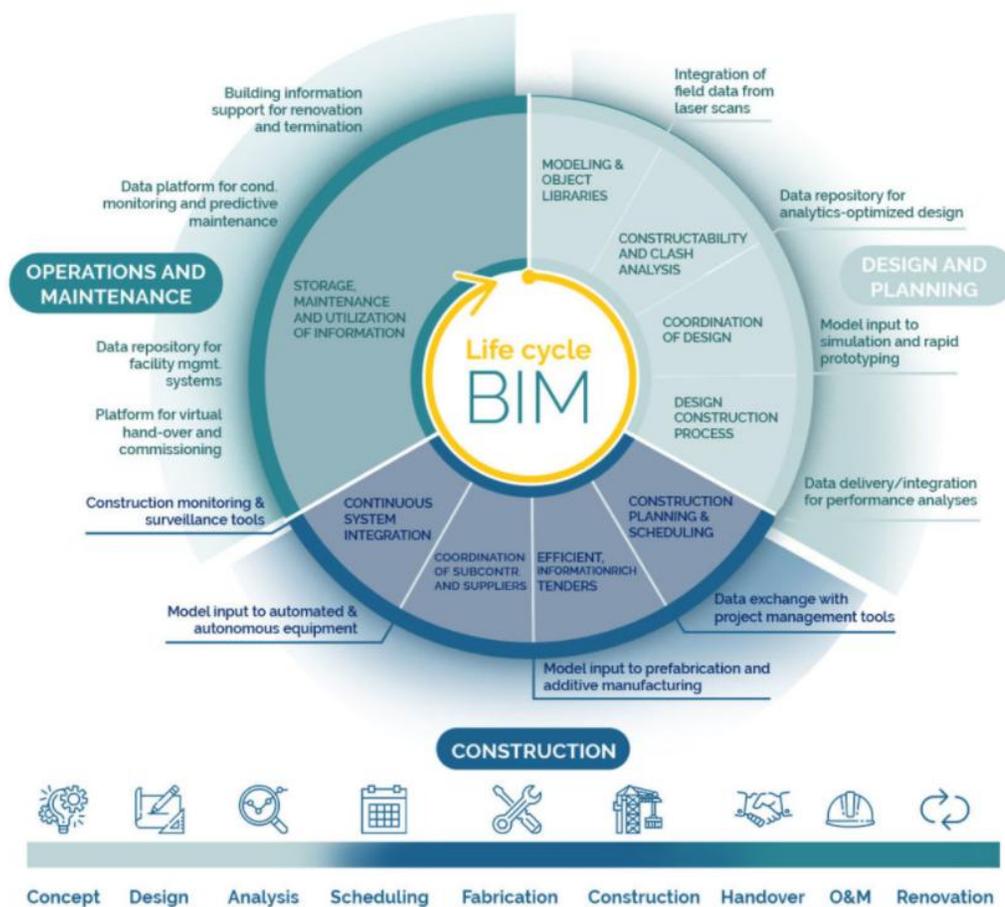
La organización debe establecer una declaración de misión BIM. Al crear la declaración de la misión, es indispensable considerar por qué BIM es importante para la organización y las razones para usarlo y como esto representará una ventaja competitiva en las propuestas, aumentar la productividad, mejorar la calidad del diseño, reaccionar a la demanda de la industria, satisfacer los requisitos del propietario o mejorar la innovación. El desarrollo de una declaración de misión clara prepara el escenario para futuras decisiones organizacionales relacionadas con BIM.

Después de establecer una declaración de misión, el equipo de planificación debe desarrollar una lista de objetivos de proyecto estándar que serían beneficiosos para la organización y los proyectos típicos. La lista se puede dividir en varias categorías, como

obligatoria, recomendada y opcional para cada tipo de proyecto. Los objetivos creados deben ser modificables en función del proyecto individual y las características del equipo. La definición de objetivos estándar permitirá a cada equipo de proyecto seleccionar de un "menú" de objetivos potenciales que garantizará una lista más completa de objetivos junto con la reducción del tiempo para desarrollar los objetivos.

Asimismo, una organización debe definir los Usos BIM típicos para proyectos futuros que se alinean con los objetivos establecidos dentro de la organización. Se deben requerir algunos usos para cada proyecto, mientras que otros solo se pueden sugerir u optar según las características del equipo y del proyecto. Los equipos de planificación pueden evaluar las competencias BIM actuales que posee la organización y las competencias adicionales requeridas para cada uso.

Al determinar los propósitos de los Usos de BIM se deben requerir o sugerir, es importante reconocer qué Usos de BIM se basan entre sí. Si una organización controla múltiples procesos en un flujo de valor, habrá beneficios potenciales en la implementación de usos en los múltiples procesos. También es fundamental que el equipo de planificación no sea demasiado ambicioso acerca de los usos de BIM necesarios y se asegure de que los usos de BIM seleccionados sean realistas para que los equipos del proyecto lo logren.



Niveles de información

Los Niveles de Información son los grados de detalle que puede tener tanto la información geométrica como no geométrica contenida en las entidades de los modelos BIM. Esta información puede cambiar y/o aumentar a medida que el proyecto avanza.

A nivel internacional se utiliza comúnmente el término LOD, que tiene distintas acepciones y definiciones en los diferentes países. Por ejemplo, en Reino Unido se utiliza para referirse a Level of Detail (Nivel de Detalle) o Level of Definition (Nivel de Definición), mientras que, en Estados Unidos, se utiliza la definición de LOD de la AIA, como Nivel de Desarrollo. En México, mayormente se acostumbra a utilizar el término Nivel de Información basado en el estándar desarrollado por The American Institute of Architects, (AIA) y por BIMForum USA. <https://bimforum.org/LOD/>. Actualmente los niveles de LOD se aplican se forma similar en los proyectos de edificación e infraestructura aunque están más enfocados en los proyectos de edificación, partiendo de esta base se describe a continuación los detalles.

Niveles de Información y su descripción:

	Descripción
Información inicial general	Información inicial, que puede ser estimativa, acerca de área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos generales.
Información básica aproximada	Información básica del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación de los sistemas y elementos generales y su ensamblaje.
Información detallada	Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación que sea relevante para el montaje de los elementos.
Información detallada y coordinada	Información detallada y coordinada respecto del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación e interacción entre los sistemas de construcción y sus elementos de montaje específico.
Información detallada de la fabricación y montaje	Información detallada de la fabricación y montaje, considerando el tamaño, localización, cantidad, orientación e interacción entre los elementos.
Información detallada de lo construido y su puesta en marcha	Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación y de la puesta en marcha de los elementos construidos.

Algunos ejemplos de información geométrica de entidades BIM son:

- Tamaño
- Volumen

- Forma
- Altura
- Orientación

Algunos ejemplos de información no geométrica de entidades BIM son:

- Datos del sistema
- Datos de rendimiento
- Cumplimiento normativo
- Especificaciones
- Costo

Revisión principales estándares en el uso BIM

Al realizar la planificación a nivel organizacional, el equipo puede reducir la cantidad de tiempo dedicado a cada paso del proceso de planificación y mantener un alcance de planificación manejable mediante la definición de sus objetivos estándar, usos, procesos e intercambios de información. El Procedimiento de planificación de ejecución de proyectos BIM requiere que las organizaciones proporcionen información sobre sus prácticas estándar, incluidos los intercambios de información. Si bien ciertas estructuras contractuales pueden generar desafíos de colaboración, el objetivo de este procedimiento es que el equipo desarrolle un proceso BIM que contenga estrategias que serán beneficiosas para todos los miembros involucrados. Para alcanzar este objetivo, el equipo del proyecto necesita tener líneas de comunicación abiertas. Para tener éxito, los miembros del equipo deben aceptar el proceso y estar dispuestos a compartir este contenido intelectual con otros miembros del equipo.

Los mapas de proceso BIM estándar deben crearse para demostrar los procesos BIM de la organización a los miembros del equipo del proyecto interna y externamente. Si bien la creación de un Mapa de proceso general puede ser beneficioso para el equipo del proyecto, esto variará mucho de un proyecto a otro (dependiendo de los Usos seleccionados). Por lo tanto, es más valioso para las organizaciones dedicar tiempo a los Mapas de proceso detallados. Cada equipo del proyecto tomará los mapas de proceso y los personalizará en función de las necesidades del proyecto y del equipo.

El equipo de planificación organizacional debe establecer intercambios de información estándar para cada uso BIM que realicen. Debe identificar la información necesaria para cada uso; la persona que normalmente es responsable de generar esta información; y el formato preferido para el intercambio de información. También puede ser necesario crear múltiples intercambios de información para cada uso en función de diferentes condiciones, como la plataforma de software, el nivel de detalle y la complejidad del proyecto. Un desglose típico del elemento modelo también debe seleccionarse y estandarizarse en toda la organización cuando sea práctico.

Comprender los requisitos de información para cada uso de BIM agilizará en gran medida la planificación necesaria para cada proyecto y el paso de intercambio de información en el Procedimiento de planificación de ejecución del proyecto simplemente se centrará en encontrar inconsistencias en los datos que generará una organización y necesitará otra.

El Estándar BIM incluye convenciones respecto de la información geométrica y no geométrica que debe ser intercambiada en un proyecto entre el Solicitante y los Proveedores.

Propósitos de los Usos BIM

Los Usos BIM son toda aquella información que puede ser facilitada a través de la extracción de datos contenidos en un modelo tridimensional y que, al integrarse con otros flujos de trabajo y/o procesos, ya sean tecnológicos o de trabajo tradicional, que generen un beneficio medible orientado a optimizar la productividad, comunicación, colaboración, mitigar conflictos y/o maximizar el ROI del desarrollo del proyecto.

Los usos de BIM se pueden clasificar principalmente en función del **propósito** de implementar BIM a lo largo de la vida útil de un proyecto.

Estos propósitos se pueden definir en diferentes niveles dependiendo del nivel de especificidad requerido para las aplicaciones de los Usos.

Cada propósito de uso BIM puede tener una o varias **características** que permiten comunicar e identificar el uso.

Existen 5 propósitos principales a partir de los cuales se clarifican los usos BIM, cada propósito tiene sus objetivos:

- Reunir
- Generar
- Analizar
- Comunicar
- Realizar

Cada propósito principal tiene algunos propósitos secundarios o sub propósitos.



Propósito Reunir

Objetivo: reunir o recopilar información

Sinónimos: administrar, recolectar, gestionar, adquirir

Sub propósitos: calidad, monitoreo, captura y cuantificación

Descripción: Este uso BIM tiene el propósito de recolectar y organizar información que se puede vincular a los elementos de un proyecto en diferentes fases del proyecto. Este uso bien es muy útil para obtener cuantificaciones de elementos o identificar el estatus de información de los elementos del modelo.



Sub propósito Calidad

Objetivo: identificar el estado de los elementos durante todo el ciclo de vida de un proyecto.

Sinónimo: seguir, rastrear, identificar.

Descripción: Se realiza el seguimiento del estado de un elemento. Esto incluye información como: ¿existe este elemento dentro de la instalación? Además, rastrea los elementos a lo largo del tiempo. Entonces, en el diseño una pregunta puede ser, ¿cuál es el nivel de desarrollo e información? En construcción, ¿se ha fabricado e instalado el elemento? Durante la operación ¿funciona correctamente?, también, puede recopilar información de garantía sobre el elemento y si el elemento está llegando al final de su vida útil.

Sub propósito Captura

Objetivo: representar o preservar el estado actual de los elementos

Sinónimo: recolectar

Descripción Captura: Este sub propósito se enfoca en la captura de datos geométricos ya existentes cuyo objetivo puede ser la remodelación. Existen varios métodos que se pueden utilizar, por ejemplo, a través de un escáner laser, o de forma manual tomando datos de los elementos existentes.

El objetivo de este propósito es obtener información de instalaciones o elementos que ya existen, pero de los que no existen datos recabados.

Sub propósito Cuantificar

Objetivo: medir la cantidad de los elementos.

Sinónimo: cuantificar

Descripción: Este sub propósito se enfoca en obtención de las cantidades exactas de los elementos, este sub propósito se utiliza en el proceso de estimación y pronóstico de costos.

En las fases de diseño y construcción este sub propósito se utiliza con frecuencia.

Sub propósito Monitorear

Objetivo: hacer seguimiento del rendimiento de los elementos del proyecto y de los sistemas.

Sinónimo: observar, medir.

Descripción: Este sub propósito se enfoca en monitorear el rendimiento actual de los elementos y sistemas, por ejemplo monitorear la temperatura de un espacio, para lo cual se ingresa la información a los elementos de los sistemas de climatización y así obtener los datos de temperatura.

Propósito Generar

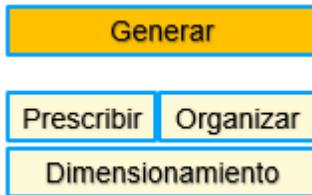
Objetivo: Crear información para los elementos del proyecto

Sinónimos: crear, modelar, autoría

Sub propósitos: Prescribir, organizar, dimensionamiento

Descripción:

Este uso BIM tiene el propósito de generar información en todas las fases del proyecto diseño, construcción, operación.



Sub propósito Organizar

Objetivo: determinar la configuración y ubicación de los elementos en el proyecto.

Sinónimo: configurar, diseñar, ubicar, colocar.

Descripción: Identifica si la ubicación o configuración de un elemento está determinado, organizar aplica para todas las fases de un proyecto. Por ejemplo; durante la planificación; podría ser la disposición o adyacencia de espacios específicos dentro de una instalación propuesta. Durante el diseño, podría ser la ubicación general de la tubería de protección contra incendios. Durante la construcción, podría incluir la colocación de los ganchos que sostienen esa tubería. Durante la operación, para determinar la ubicación de los sistemas de muebles.

Sub propósito Prescribir

Objetivo: este uso se aplica para generar información necesaria para incorporar datos o elementos específicos.

Sinónimo: programar, especificar, seleccionar

Descripción: Este sub propósito se enfoca en generar elementos o sistemas especiales. Por ejemplo; el arquitecto puede determinar que es necesario crear ciertos espacios o áreas para un uso muy específico, el ingeniero de instalaciones indica que un sistema de climatización debe tener elementos o configuraciones especiales debido a factores como el uso, la ubicación, requerimientos especiales del cliente etc., el constructor indica que puede ser necesario realizar una construcción temporal para almacenamiento, etc.

Sub propósito: Dimensionamiento

Objetivo: determina la escala o magnitud de los elementos.

Sinónimos: escala, ingeniería

Descripción: Este sub propósito se enfoca en definir la magnitud o tamaño exactos que tendrán los espacios y elementos. Durante el diseño sería determinar las dimensiones de los elementos como vigas, muros etc. Durante la construcción el tamaño de una grúa, espacio de almacenamiento, en la operación el tamaño de los elementos, En la operación utilizar la información de los espacios para propósitos de venta o renta.

Propósito Analizar

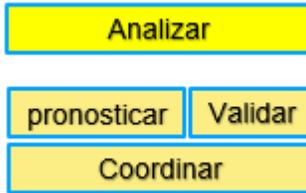
Objetivo: analizar los elementos del proyecto.

Sinónimos: examinar, evaluar.

Sub propósitos: Coordinar, pronosticar, validar.

Descripción:

Este uso BIM tiene el propósito de analizar los elementos para determinar su viabilidad, este uso trabaja colocando la información que se recolectó y generó en un formato que permita tomar decisiones rápidas y acertadas.



Sub propósito Coordinar

Objetivo: garantizar que la relación entre los elementos sea lógica y consistente.

Sinónimos: detectar, evitar.

Descripción: Este sub propósito se enfoca en detectar que la relación que existe entre los elementos sea paramétrica para evitar conflictos. Este sub propósito se usa para revisión de interferencias entre disciplinas, evitar colisiones por ejemplo durante el proceso de construcción, para realizar simulaciones de construcción.

Sub propósito Pronosticar

Objetivo: predecir el rendimiento de los elementos en un futuro.

Sinónimos: simular, predecir

Descripción: Este sub propósito es uno de los más grandes y de los que tiene más aplicaciones porque se enfoca en predecir el rendimiento durante todo el ciclo de vida de un proyecto en diferentes escenarios. Por ejemplo; en el ámbito financiero la estimación de costos de construcción. En sustentabilidad el consumo de energía con sistemas de climatización. Predicción del comportamiento de los sistemas de protección contra incendios en casos de emergencia. Predicción de la vida útil de los elementos de una instalación etc.

Sub propósito Validar

Objetivo: verificar la exactitud de la información de los elementos y sistemas.

Sinónimos: verificar, confirmar

Descripción: Este sub propósito se enfoca en validar el cumplimiento del propósito para el cual se ha creado un elemento o sistema es decir que sea construible, utilizable y mantenible. Por ejemplo, validar los códigos y estándares para construcción, estándares de sostenibilidad.

Propósito Comunicar

Objetivo: presentar la información con formatos que se puedan compartir e intercambiar

Sinónimos: intercambio

Sub propósitos: Visualizar, transformar, dibujar, documentar

Descripción:

Este uso BIM tiene el propósito está enfocado a promover y mejorar la comunicación reduciendo los tiempos que se necesitan para compartir datos importantes del proyecto.



Sub propósito Visualizar

Objetivo: presentar un formato realista de los elementos y sistemas.

Sinónimos: Revisión

Descripción: Este sub propósito se enfoca mostrar los elementos y sistemas en un formato tal y como se va a ver en la realidad, esto es de gran ayuda para los usuarios que no están relacionados directamente con la industria, que a menudo son los dueños de los proyectos a tomar mejores decisiones con respecto al diseño y construcción.

Sub propósito Transformar

Objetivo: modifica la información para que sea recibida correctamente para otro proceso.

Sinónimos: Convertir

Descripción: Este sub propósito se enfoca en convertir los datos para que puedan ser utilizados por otros sistemas informáticos sin que se pierdan los datos, es decir hacer la información "Interoperable".

Sub propósito Dibujar

Objetivo: generar una representación simbólica de los elementos.

Sinónimos: detallar, anotaciones

Descripción: Este sub propósito se enfoca generar dibujos detallados y colocar anotaciones a partir de información del modelo paramétrico. Algunos ejemplos de dibujos pueden ser diagramas isométricos, representaciones simbólicas de elementos, dibujos de detalles.

Sub propósito Documentar

Objetivo: generar un registro con la información de los elementos y sistemas.

Sinónimos: especificar, enviar, programar, informar

Descripción: Este sub propósito se enfoca documentar en formato tabular o escrito información de los elementos, lo cual puede incluir datos como especificaciones, datos de cronogramas de diseño o construcción, informes de sistemas o elementos.

Propósito Realizar

Objetivo: hacer o controlar los elementos utilizando datos específicos.

Sinónimos: implementar, realizar, ejecutar

Sub propósitos: Fabricar, ensamblar, controlar, regular.

Descripción:

Este uso BIM tiene el propósito está enfocado a fabricar, ensamblar o controlar elementos específicos, eliminando la intervención humana en la creación de los elementos en sitio, esto permitiría mejorar la productividad.



Sub propósito Fabricar

Objetivo: utilizar datos de elementos para fabricarlos.

Sinónimos: Fabricación

Descripción: Este sub propósito se enfoca en fabricar elementos a partir de dibujos detallados que fueron generados a partir de prototipos que se probaron y analizaron utilizando en software.

Sub propósito ensamblaje

Objetivo: Ensamblar elementos de un sistema que se crearon por separado.

Sinónimos: Prefabricado

Descripción: Este sub propósito se enfoca en unir elementos que se diseñaron por separado formando un ensamblaje, si bien el proceso de ensamblar las piezas sigue siendo manual, crear el prototipo en una herramienta de software determinará la precisión y modo de colocación de las piezas previo a que se construya.

Sub propósito Control

Objetivo: usa la información física de los elementos para manipular la ejecución de maquinarias o equipos.

Sinónimos: Manipular

Descripción: Este sub propósito se enfoca utilizar la información de los elementos del proyecto para manipular los equipos que se utilizarán. Un ejemplo típico es determinar un sitio preciso de excavación tomando en cuenta la construcción que habrá alrededor, Determinar el acceso de los camiones o grúas a un sitio de construcción tomando en cuenta el tipo de vías.

Sub propósito Regular

Objetivo: utilizar los datos de elementos o sistemas para optimizar la operación.

Sinónimos: Reportar

Descripción: Este sub propósito se enfoca utilizar los datos de los elementos para optimizar la operación de los sistemas, el objetivo a futuro es la automatización e interconexión de sistemas inteligentes que podrán auto regularse analizando sus propios datos. Un ejemplo típico es cuando se monitorea y recopila la información de un termostato con el objetivo modificar la salida de un sistema de climatización para optimizar su operación

Las características de los usos BIM

Las características de los usos BIM se usan para definirlos más allá de los propósitos y sub propósitos, es decir las características permitirán definir:

- **Niveles de información** - Sistema de datos sobre el que se implementará el uso
- **Fase** – en que fase o fases de implementará el uso
- **Disciplina** – en que disciplinas se implementará el uso
- **Nivel de desarrollo (LOD)** – nivel de desarrollo que tendrá el uso

Por lo tanto, las características permitirán a los interesados saber en qué medida será implementado un uso BIM, para que disciplinas y en que fases del proyecto.

Niveles de información: Esta característica permitirá determinar el nivel de información que tendrán los elementos del proyecto según el uso BIM a aplicar.

Por ejemplo; el equipo de construcción puede determinar que solo hará una simulación de construcción (Analizar, pronosticar) sobre los elementos de la subestructura del proyecto, entonces:

1. Debe verificar los elementos que son parte de la subestructura.
2. Entonces, sólo los elementos clasificados como parte de la subestructura tendrán los datos de construcción necesarios para una simulación.

Fases: Se debe determinar en qué fases del proyecto se trabajará con los usos BIM. Por ejemplo; la cuantificación de elementos:

1. Puede requerirse en la fase de conceptualización para obtener datos generales para los presupuestos.
2. En la fase de construcción para procura de materiales.
3. En la fase de Operación para propósitos de remodelación.

Disciplina: La disciplina para un uso BIM determina también que equipo es responsable de este, sin embargo, múltiples disciplinas pueden requerir de un mismo uso BIM, cada disciplina debe ser responsable de generar el uso BIM.

Por ejemplo; Generación de datos específicos (prescribir)

1. Arquitectura puede definir qué se debe colocar a los muros datos de materiales relacionados con propiedades térmicas y físicas.
2. Instalaciones HVAC puede definir que se deben colocar especificaciones de temperatura, energía, uso de espacios.

Nivel de desarrollo: Para cada uso BIM debe especificarse el máximo nivel de desarrollo que deben tener los objetos.

Por ejemplo; Para documentar elementos (Comunicar)

1. Arquitectura puede definir que se requiere un nivel de LOD 400 para piezas que serán fabricadas fuera del sitio de la construcción, pues será necesario generar los detalles y planos de fabricación.
2. Los elementos que serán construidos en sitio, por ejemplo, el colado de una losa, podría tener un nivel de detalle a LOD 300.

Plataformas tecnológicas y de infraestructura (hardware y software)

Al planificar los estándares organizacionales para la planificación de ejecución de proyectos BIM, es importante tener en cuenta todos los recursos e infraestructura necesarios para realizar los procesos seleccionados. Para cada uso BIM seleccionado, el equipo de planificación debe determinar el personal que realizará cada uso; establecer un plan para adaptar el personal de cada Uso BIM en función del tamaño del proyecto, la complejidad, el nivel de detalle y el alcance; así como determinar qué personal supervisará la correcta ejecución del uso de BIM.

La organización debe diseñar procedimientos estándar de colaboración. En esta tarea se incluye la elaboración de estrategias estándar basadas en diferentes tipos de proyectos y métodos de entrega. El equipo también debe determinar las actividades de colaboración

estándar y las reuniones que se llevarán a cabo en proyectos y es esencial que la organización establezca procedimientos estándar de comunicación electrónica. Los elementos específicos que deben abordarse incluyen el almacenamiento de archivos y los sistemas de respaldo; estructuras estándar de carpetas de archivos; convenciones estándar de nomenclatura de archivos; bibliotecas de contenido estándar; y estándares para compartir información tanto externa como internamente.

Junto con los procedimientos de colaboración, el control y la garantía de calidad de la gestión de la información son valiosos para cada proyecto. La calidad de un modelo puede impactar significativamente un proyecto; por lo tanto, la organización debe tener procesos de control de calidad estándar que estén bien documentados y permitan una implementación fácil para garantizar el nivel de calidad requerido para cada uso de modelado.

El equipo de planificación debe evaluar las necesidades de software y hardware de cada uso BIM y comparar las necesidades de infraestructura técnica con el software y hardware actual. Deben realizarse las actualizaciones y compras necesarias para garantizar que el software y el hardware no limiten el desempeño exitoso del modelado. Si no se cuenta con el equipo adecuado, podría reducir la productividad y aumentar el tiempo y el costo de cada uso de BIM.

Creando una estrategia BIM

Las organizaciones que adoptan BIM idealmente deberían contemplar una estrategia a largo plazo con objetivos significativos y claramente identificados. Estos objetivos y la forma en que se cumplirán deben estar bien articulados, comunicados y alineados al plan de desarrollo dentro de la organización junto con sus procesos y flujos de trabajo.

Un plan de implementación establece cómo los estándares, procesos, flujos de trabajo, colaboración, intercambios de información se integran progresivamente en la organización, alineados a los objetivos de negocio.

Como parte de este proceso de planificación de la estrategia BIM, la organización debe preguntarse y evaluar dónde se encuentra ahora y a dónde quiere llegar una vez la estrategia se encuentre implementada.

La evaluación comparativa del estado actual de adopción BIM organizacional en torno a la capacidad y la habilidad de ejecutar un servicio BIM es el punto de partida para entender la capacidad organizacional y del equipo para llevar a cabo estas actividades ya que permitirá establecer el plan de objetivos, las prioridades y tanto los esfuerzos, como los recursos, para cada uno de los procesos y áreas, necesarios para alcanzar una implementación BIM alienada a valor deseado a ofrecer como organización.

Algunas áreas para considerar dentro de esta evaluación comparativa son:

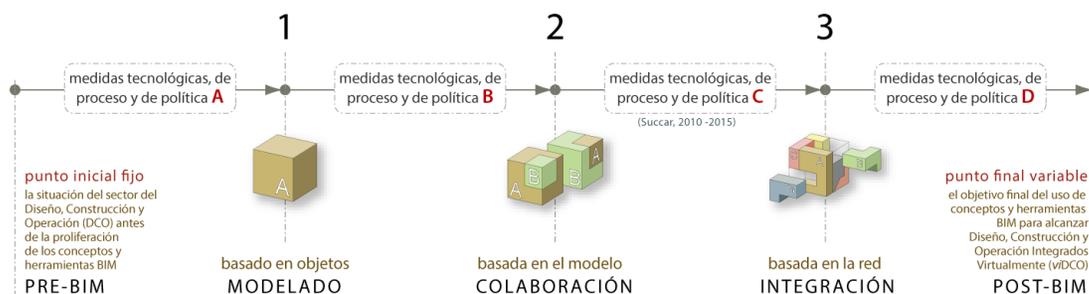
- A. Prácticas de trabajo colaborativo
- B. Procesos de gestión de la información
- C. Creación de modelos
- D. Coordinación y revisión de modelos
- E. Flujos de trabajo de diseño y construcción virtual
- F. Intercambio y validación de datos

También es importante crear un diagrama de procesos de inicio a fin del desarrollo del proyecto para comprender los flujos de datos de la organización, los hitos clave donde se requiere información y el propósito de ésta. Luego, se puede crear una superposición BIM para respaldar, mejorar, digitalizar y/o automatizar algunos de estos procesos para cumplir con los objetivos de la estrategia BIM.

Finalmente, la estrategia debe convertirse en un plan de implementación BIM que establezca claramente en detalle las actividades necesarias para alcanzar los objetivos establecidos, los roles y responsabilidades de aquellas personas involucradas en el proceso de la implementación.

Capacidad BIM

La Capacidad BIM es la aptitud básica para realizar un servicio BIM. Las etapas de Capacidad BIM definen los requisitos BIM mínimos, los principales hitos que un equipo o una organización debe alcanzar durante la implementación de las tecnologías y los conceptos BIM. Es importante contar con un patrón de medida para establecer la capacidad BIM, porque permite una evaluación rápida, aunque ajustada de la aptitud de una organización para prestar estos servicios BIM.



Existe cierto debate dentro de la industria sobre el significado exacto de cada Etapa BIM y lo que implica en cuanto a experiencia, conocimiento y alcances comprendidos para cada uno de estos niveles. Sin embargo, a continuación, se presenta una descripción general que permite tener una relación de en qué etapa de adopción BIM se encuentra la organización para, a partir de ello, establecer los objetivos, la estrategia y el plan de implementación a seguir para alcanzar la madurez BIM organizacional deseada.

Etapa 0: Pre-BIM

Esta etapa es el punto de partida, el estado antes de la implementación de BIM, y significa que no hay colaboración entre el/los equipos del proyecto y se define como CAD no administrado.

Lo más probable es que la documentación 2D se utilice para compartir información. Aunque se pueden utilizar visualizaciones 3D, la información 2D es la base de todos los documentos. Las cantidades, estimaciones de costos y especificaciones generalmente no están vinculadas al modelo de visualización o documentación. En esta etapa, no hay colaboración digital. La salida son dibujos en papel o impresiones electrónicas, o una combinación de ambos.

Etapa 1: Modelado basado en objetos

La herramienta de software paramétrico 3D basada en objetos se utiliza para producir modelos. Los usuarios producen modelos dentro de todas las etapas de una construcción, y el modelo es la base para la documentación 2D y la visualización 3D.

La diferencia entre la etapa 0 y 1 son cambios menores en el proceso y relaciones contractuales. Por lo general, en la etapa 1, se lleva a cabo un desarrollo en conjunto 3D, para el trabajo conceptual, y 2D para la documentación y la información del producto. El intercambio electrónico de datos se lleva a cabo desde un entorno común de datos (CDE), a menudo gestionado por el contratista. No se produce colaboración entre diferentes disciplinas.

Etapa 2: BIM Colaborativo

En esta etapa, diferentes disciplinas están cooperando activamente con otras a través de un proceso de colaboración basado en modelos. La colaboración a menudo ocurre a través de una aplicación basada en la nube. Las modificaciones contractuales se vuelven necesarias y los modelos se pueden vincular a diversas herramientas de análisis. Los procesos se evalúan mediante la información contenida en los modelos.

Cada disciplina está construyendo su propio modelo, en lugar de un único modelo compartido. La colaboración surge a través del intercambio de información entre disciplinas, que se convierte en el aspecto crucial de este nivel. La información de diseño se comparte a través de un formato de archivo común (como IFC ó BCF), dentro del CDE. Esto permite a las organizaciones combinar datos con su propio modelo y utilizar esta información como base, complemento y/o consulta dentro del flujo de trabajo en el desarrollo de la información BIM.

Etapa 3: BIM integrado (iBIM)

En este nivel, los modelos integrados basados en redes semánticamente ricos se crean, comparten y mantienen en colaboración a través de las fases del ciclo de vida del proyecto.

Los modelos en esta etapa se convierten en modelos interdisciplinarios, donde se permiten análisis complejos en las primeras etapas de diseño y construcción. Los entregables del modelo incluyen inteligencia empresarial, principios de construcción ajustada, políticas y costeo del ciclo de vida completo. El ciclo de vida del proyecto ahora no tiene fases.

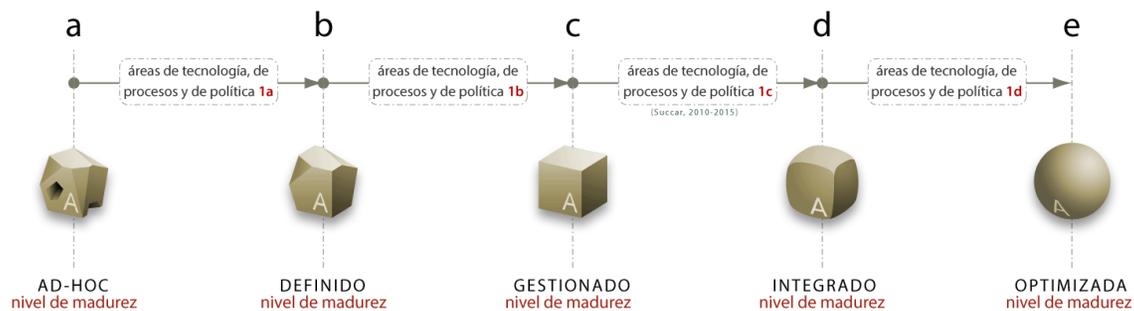
En esta etapa, son necesarios cambios importantes en las relaciones contractuales, los modelos de asignación de riesgos, procesos y los flujos de trabajo y colaboración. Es necesario un modelo interdisciplinario compartido para proporcionar acceso bidireccional a las partes interesadas del proyecto, lo que eventualmente facilita la Entrega Integrada de Proyectos (DPI).

Sin embargo, como las Etapas de Capacidad BIM se establecen cuando se cumplen unos requisitos mínimos, no pueden evaluar las capacidades (o la falta de ellas) más allá de estos requisitos mínimos. Es por esto que se necesita otra métrica "Madurez" para evaluar e informar de las variaciones significativas en la ejecución de servicios y sus causas subyacentes.

Niveles de Madurez BIM

El concepto de Madurez no es nuevo y existe desde hace tiempo en muchos otros sectores, pero la representación más potente de este concepto llegó del Modelo de Madurez de Capacidad (CMM) del sector del software. CMM es en realidad un ‘marco de mejora de procesos’ inicialmente concebido como herramienta para evaluar la aptitud de los contratistas para realizar un proyecto. El uso de los modelos de madurez se ha concebido para dar lugar a un incremento de productividad y de retorno sobre la inversión (ROI), así como a una reducción de costes y mitigación de conflictos a lo largo de la ejecución del proyecto.

El Modelo de Madurez BIM tiene cinco Niveles de Madurez distintos. En general, la progresión desde los niveles más bajos de Madurez BIM a los niveles más altos indica un mejor control a través de minimizar las variaciones entre objetivos y resultados reales, una mejor predictibilidad y previsión al reducir la variabilidad de competencia, rendimiento y costes y mayor eficacia en la consecución de los objetivos definidos y en el establecimiento de unos nuevos más ambiciosos.



Nota: Los niveles de madurez pueden nombrarse por número de 0 a 5, de la A a E, o simplemente por el nombre inicial, definido, gestionado, integrado y optimizado, depende de la fuente de información consultado, sin embargo, en todos los casos el concepto es el mismo.

Nivel a de Madurez (Inicial o AD-HOC)

La implementación del BIM se caracteriza por la ausencia de una estrategia global y por una escasez significativa de procesos y políticas definidas. Se han instalado herramientas BIM de una forma no sistemática y sin las investigaciones y preparaciones previas adecuadas. La adopción del BIM se logra parcialmente gracias a los heroicos esfuerzos de responsables BIM individuales; un proceso que adolece del apoyo activo y consciente de los cargos intermedios y directivos. La capacidad de colaboración, si se logra, suele ser incompatible con la de los socios de proyecto, y se da sin, o casi sin, guías de procesos predefinidas, estándares o protocolos de intercambio. No hay una distribución formal de funciones y responsabilidades de las partes interesadas.

Nivel b de Madurez (Definido)

La implementación del BIM es impulsada por la visión global de la alta dirección. La mayoría de los procesos y las políticas están bien documentadas, se reconoce las innovaciones del proceso y se identifican las oportunidades de negocio derivadas de BIM, pero aún no se explotan. El heroísmo BIM comienza a perder importancia a medida que aumenta la competencia; la productividad del personal sigue siendo impredecible. Se

dispone de directrices básicas BIM, incluyendo manuales de capacitación, guías de flujo de trabajo y las normas de entrega BIM. Los requisitos de formación están bien definidos y, por lo general, se proporcionan sólo cuando es necesario. La colaboración con los socios del proyecto manifiesta signos de mutuo respeto entre los participantes y siguen las guías de procesos predefinidos, normas y protocolos de intercambio. Se distribuyen las responsabilidades y se mitiga los riesgos a través de medios contractuales.

Nivel c de Madurez (Gestionado)

La visión de la implementación BIM se comunica y es entendida por la mayoría del personal. La estrategia de implementación BIM se combina con planes de acción detallados y sistemas de seguimiento. BIM es reconocido como una serie de cambios en la tecnología, los procesos y las políticas que deben ser gestionados sin obstaculizar la innovación. Se reconoce las oportunidades de negocios que surgen de BIM y se utilizan en las actividades de marketing. Se estandarizan los roles BIM y los objetivos de desempeño son alcanzados de manera más consistente. Se adoptan especificaciones de los servicios. El modelado, la representación 2D, la cuantificación, las especificaciones y las propiedades analíticas de los modelos 3D son gestionadas a través de estándares detallados y de planes de calidad. Las responsabilidades, los riesgos y las recompensas de la colaboración se clarifican en las alianzas temporales de proyecto o en acuerdos a largo plazo.

Nivel d de Madurez (Integrado)

La implementación BIM, sus requisitos y la innovación de procesos y servicios están integrados en los canales organizacionales, estratégicos, de gestión y de comunicación. Las oportunidades de negocios que surgen de BIM son parte de la ventaja competitiva del equipo, organización o equipo de proyecto, y se utilizan para atraer y mantener a los clientes. La selección e instalación de software se basan en objetivos estratégicos, no sólo en necesidades operacionales. A lo largo del proyecto, los entregables del modelo están bien sincronizados y estrechamente integrados en los procesos de la organización. El conocimiento se integra en los sistemas de la organización; el conocimiento almacenado es accesible y fácilmente recuperable. Los roles BIM y los objetivos de competencia están imbuidos en la organización. La productividad es ahora consistente y predecible. Las normas BIM y las referencias de desempeño se incorporan a los sistemas de gestión de calidad y de mejora de rendimiento. La colaboración incluye a los cargos intermedios y se caracteriza por la implicación de los participantes principales en las fases iniciales del ciclo de vida del proyecto.

Nivel e de Madurez (Optimizada)

Los participantes en la organización y en el proyecto han interiorizado la visión BIM y la están logrando de forma activa. La estrategia de implementación BIM y sus efectos en los modelos de organización se revisan y realinean con las otras estrategias continuamente. Si se requiere introducir modificaciones en los procesos o en las políticas, dichas modificaciones son implementadas de forma proactiva. Se persigue soluciones innovadoras de productos, procesos y oportunidades de negocio y se plasman de forma inexorable. La selección de herramientas de software se revisa continuamente para mejorar la productividad y alinearse con los objetivos estratégicos. Los entregables del modelado se revisan en busca de una optimización periódica para beneficiarse de nuevas funcionalidades del software y de sus extensiones disponibles. La optimización de los

datos integrados, de los procesos y de los canales de comunicación es inexorable. Las responsabilidades, los riesgos y las recompensas de la colaboración son revisadas y se realinean continuamente. Los modelos contractuales se modifican para alcanzar mejores prácticas y un mayor valor para todas las partes interesadas. Los objetivos de referencia son revisados de forma repetitiva para asegurar la mayor calidad posible en los procesos, productos y servicios

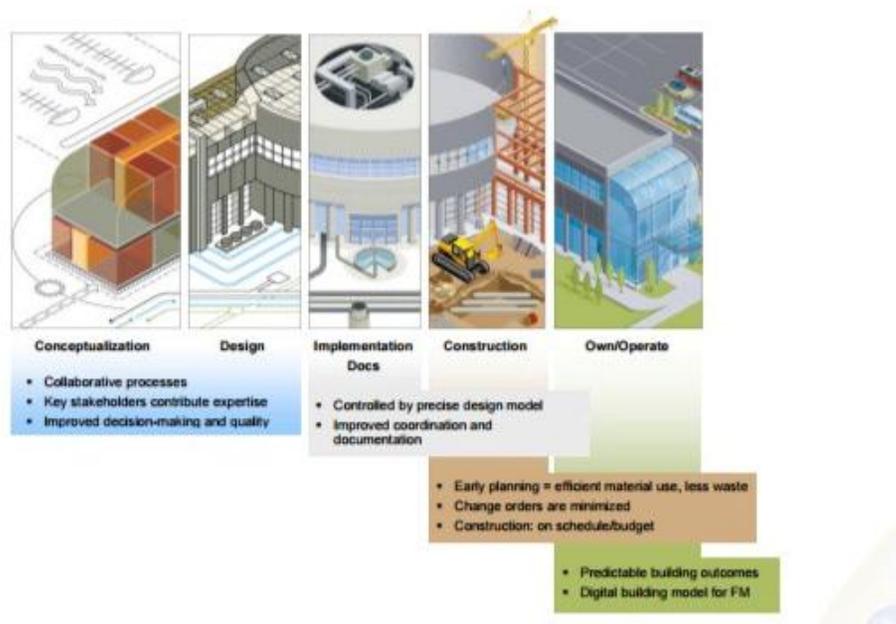
Para entender el Nivel de Madurez con el que se cuenta en la organización es importante tener con un patrón de medida para establecer la capacidad BIM, ya que permite una evaluación rápida, aunque ajustada de la aptitud de una organización para prestar estos servicios BIM. Adicional al esquema de la progresión de la implementación BIM dentro de la organización, existen plantillas que permiten conocer de una manera más detallada el estado actual y los objetivos proyectados dentro de la organización en torno a la adopción BIM como metodología en el desarrollo de proyectos de construcción.

Desarrollando un modelo BIM

Primero, el propietario documenta todas sus necesidades para el proyecto en una base de datos. Estos requerimientos se modelan en el entorno BIM y dan como resultado modelos de información de construcción completos e individuales que se integran en un modelo central. Este modelo central y los modelos individuales permiten el intercambio de información bidireccional entre los diferentes participantes en tiempo real, así como los ajustes rápidos de la información del modelo después de integrar y coordinar todos los datos.

Posteriormente, los modelos BIM se pueden usar para coordinar las disciplinas y hacer análisis tanto del costo del proyecto como del costo del ciclo de vida, y para hacer análisis del uso de energía y otros análisis ambientales para la certificación ambiental. Luego, el modelo BIM puede ser utilizado para obtener una aprobación de construcción.

La interacción entre todas las partes interesadas y la integración de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto es fundamental para lograr un proyecto exitoso. El modelado de información de construcción (BIM) es un método de comunicación en la gestión de proyectos que permite un flujo de información continuo para traducir la preposición de valor del propietario en un proyecto exitoso. La interacción es más flexible y se comparte de forma transparente entre los diferentes usuarios.



Evaluación tendencias en la industria

La tecnología y el sector de la construcción llevan evolucionando juntos muchos años. Existe así, una relación intrínseca entre ambos, la cual, transforma los paradigmas y el modo en el que los arquitectos e ingenieros civiles llevan a cabo la ejecución de los proyectos con el objetivo de brindar funcionalidad y vanguardia a la industria.

La tecnología sustituye al papel, a las escuadras, las estilográficas y las plantillas, haciendo realidad muchos de los sueños del proyectista cansado de lidiar con enormes dificultades a la hora de representar sus ideas. El profesional de proyectos de construcción se encuentra hoy en día con la tecnología BIM, haciendo posible la consecución de sus deseos más anhelados de forma sostenible.

Durante muchos años, CAD (Diseño Asistido por Computadora), fue el método más utilizado en el desarrollo de proyectos para arquitectos e ingenieros. Se convirtió en el ayudante por excelencia para el diseño de cualquier tipo de construcción o infraestructuras, edificación o diseño industrial, ya que permitía diseñar, corregir y copiar planos a través del uso de representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales. Sin embargo, gracias a los avances tecnológicos a finales de los años 70 principios de los 80 nace en Estados Unidos BIM, el cual ofrecía nuevas posibilidades gracias al desarrollo y evolución de los programas informáticos. Así, CAD y BIM, conviven hasta finales de 2007 cuando este último, comienza a imponerse, (llegando a ser obligatorio en países como Alemania), como el gran avance tecnológico, para la gestión y dirección de la construcción del futuro: la construcción eficiente.

Actualmente, diferentes países ya han establecido un estándar común para el desarrollo de sus proyectos de edificación e infraestructura. Lo que lleva a sentar los nuevos paradigmas en la industria para el desarrollo de proyectos de construcción a lo largo de cada una de sus diferentes etapas, buscando integrar todos los procesos e información generada del proyecto a través de los diferentes involucrados por medio de procesos colaborativos y estándares para el desarrollo e intercambio de la información que

permitan una sinergia colaborativa enfocada en la eficiencia y transparencia en el desarrollo de los proyectos de construcción.

Importancia de los contratos BIM

A medida que los procesos de BIM van madurando, aparecen nuevos temas por definir; estos temas deben ser delimitados y definidos en el documento de contrato que regula la relación entre los involucrados del proyecto. Uno de estos temas implica determinar quién será el propietario del modelo final. Decidir sobre quién recae la responsabilidad de garantizar que el modelo esté completo al final de la ejecución del proyecto, o quién proveerá mantenimiento para el modelo As-Built, no sólo evitará trabajo redundante sino también levantamientos innecesarios, así como también información confiable.

Estos temas deben ser cubiertos en los contratos para proyectos BIM a fin de que se definan los límites para cada miembro del equipo de diseño. Es recomendable definir estos temas en los términos y condiciones del contrato y debe hacerse referencia a los mismos en las especificaciones y notas generales de la documentación de proyecto.

¿Por Qué Definir un Contrato BIM?

La implementación de BIM debe significar un cambio importante en la manera en que todos los miembros del proyecto interactúan con el mismo. Por definición, BIM posee un carácter colaborativo que debe ser también reflejado en la documentación legal regulatoria. Esta nueva dinámica, a pesar de definir roles específicos, logra también establecer una 'responsabilidad colectiva' para todos los miembros, con respecto al modelo y al proyecto final.

Otra manera en que BIM modifica los términos contractuales es que define una *Fuente Única de Información* que rige las actividades y la producción de todos los componentes del proyecto. Esto garantiza la previsión y prevención de conflictos en obra.

Condiciones Para el uso de Contratos BIM

Para la ejecución de un Contrato BIM, deben darse ciertas condiciones que dependen directamente del nivel de madurez de los involucrados. Esto crea un esquema de 'todo o nada'; es decir, o se logra una colaboración coordinada en todo el proyecto -y el modelo adquiere carácter contractual siendo regulado por un contrato BIM-, o no se logra la colaboración completa y el modelo no tiene carácter obligatorio por lo que el proyecto se maneja bajo un esquema de contrato tradicional.

Antes de establecer los términos del contrato debe definirse:

1. Los trabajos, requerimientos y participaciones acordes a normas vigentes para el correcto seguimiento y evolución del BIM, mediante la elaboración de un Plan de Ejecución BIM.
2. Los parámetros de trabajo entre el Coordinador BIM y los diferentes equipos de trabajo.
3. Calendarización de los hitos importantes del proyecto para el correcto seguimiento y control de los avances.

4. Requerimientos para la representación visual de los componentes constructivos por medio de modelos BIM 3D multidisciplinarios.
5. Procesos de revisión de modelos BIM multidisciplinarios y coordinados para detectar e inspeccionar interferencias.
6. Integración de los diferentes contratos que componen al proyecto BIM para conformar un modelo único, mediante la implementación de la norma ISO 19650: Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan el BIM para la gestión de la información.

Un contrato BIM debe ser un acuerdo entre múltiples partes, todos los participantes son responsables. Algunas de las consideraciones a incluir son:

- Los requerimientos BIM y especificaciones son también aplicables al equipo de diseño y subcontratistas.
- Los diseñadores también deben participar de las reuniones BIM.
- Los subcontratistas también estarán obligados a colaborar.
- Los contratistas y subcontratistas aceptan el 'Punto de Equilibrio' del presupuesto del proyecto establecido.
- La autoridad del BIM Manager es absoluta para todo el equipo.
- El modelo tendrá precedencia sobre todos los dibujos.
- Se proveerá información 3D a los demás miembros del equipo.
- Será obligatorio proveer data BIM a todo el equipo.
- Los diseñadores asumen responsabilidad de modelos creados por consultores BIM por lo que deberán velar por la exactitud de estos.

Las bases de licitación y los contratos BIM deberán contener disposiciones que permitan la transferencia tecnológica a los inversionistas y/o propietarios del proyecto:

1. Los contratistas deben entregar a los contratantes la información necesaria y suficiente para que las actividades de mantenimiento del proyecto construido puedan ser susceptibles de llevarse a cabo bajo la metodología BIM.
2. Las especificaciones técnicas de los recursos tecnológicos relativos a equipos de cómputo y licencias de los sistemas informáticos que los contratistas deberán entregar a los contratantes para el uso y aplicación de BIM. Se deberán especificar los recursos tecnológicos que serán asignados a los contratantes, incluyendo las actividades de capacitación en caso necesario.

¿Qué Debe incluir un Contrato BIM?

Aunque los temas legales específicos para el desarrollo de contratos BIM en México aún se encuentran en una etapa muy temprana de regulación y estandarización, se comparten algunos de los puntos que se consideran dentro de los contratos BIM usados en países que ya cuentan con un marco normativo legal para incluirse dentro del contrato del proyecto.

- Aplicabilidad y propósito.
- Definiciones e Interpretación.
- Implementación de BIM en el proyecto.
- Condiciones Precedentes.

- Obligaciones de los miembros del equipo de proyecto, y jerarquía.
- Requerimientos de informaciones del propietario.
- Plan de Ejecución BIM. (Pre y Post contrato).
- Definición de Procesos de Intercambio de Información BIM.
- Directores BIM.
- Reuniones BIM.
- Intercambio de Información BIM.
- Calidad de los Modelos. Niveles de Desarrollo.
- Requerimientos para la conversión de modelos.
- Sistemas de información y seguridad de data.
- Derechos de propiedad intelectual.
- Enmiendas.
- Término de contrato.
- Indemnizaciones.
- Confidencialidad.
- Integridad del acuerdo.
- Severidad el Acuerdo.
- Fuerzas mayores.
- Excepciones No implícitas.
- Cumplimiento de otros acuerdos.
- Supervivencia.
- Derechos de terceros.
- Ley Gobernante.
- Resolución de disputas.

Generación de un plan de capacitación

Existe la necesidad y oportunidad de incrementar la productividad en la industria de la construcción, mediante la incorporación de tecnologías de información y comunicaciones, junto con metodologías de trabajo que habiliten, faciliten y promuevan la modernización de ésta.

Como se vio en el tema de Estrategia BIM, es importante es realizar un diagnóstico que permita identificar los programas actuales de formación de capacidades relacionadas a BIM dentro de la empresa y su equipo de trabajo, así como su capacidad de enfrentar las necesidades reales del sector, con el fin de apoyar la correcta implementación de BIM en la organización.

El diagnóstico incluye identificar la oferta de cursos de capacitación en la materia, establecer una línea base del actual capital humano BIM, es decir de los profesionales y técnicos que actualmente están capacitados en el uso de esta metodología e identificar las brechas de formación de competencias que deberán ser abordadas por el plan de acción requerido. Asimismo, el diagnóstico evaluará la demanda actual de capacidades BIM por parte del sector para el desarrollo de proyectos.

Los programas de formación BIM deben permitir a profesionales y/o técnicos que participan en el proceso de diseño, construcción y operación de proyectos constructivos adquirir los conocimientos y habilidades requeridas para poder ejecutar dichos proyectos de forma colaborativa en un entorno BIM; es decir deben permitir a los involucrados de

esta cadena adquirir las competencias BIM necesarias de acuerdo a los roles, responsabilidades y funciones que ejercen dentro del ciclo de vida del proyecto.

Por lo anterior, a partir de las necesidades de conocimientos técnicos, conceptuales y habilidades BIM, se pueden identificar módulos de aprendizaje, de manera que la formación de capital humano BIM pueda ser construida por etapas secuenciales. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de modulación del Plan de Capacitación BIM para ejercer cada rol BIM propuesto.

	Conocimientos / Habilidades	Módulos de Formación
Conocimientos Conceptuales BIM	Conocimiento conceptual básico BIM	Módulo CCB 1: Conceptos BIM
	Realización de trabajo colaborativo en BIM	Módulo CCB 2: Ejecución de Proyectos BIM
	Planificación de proyectos en BIM	
	Liderazgo de proyectos en BIM	
	Gestión integral de proyectos en BIM	Módulo CCB 3: Gestión de Proyectos BIM
	Desarrollo de estrategias en BIM	Módulo CCB 4: Diseño Estrategias BIM
	Uso de BIM a nivel corporativo	
	Implementación estratégica en BIM	Módulo CCB 5: Implementación Estratégica BIM
	Facility Management BIM	Módulo CCB 6: Gestión de Operaciones y Mantenimiento BIM
Conocimientos Técnicos BIM	Visualización 3D	Módulo CTB 1: Visualización BIM
	Modelamiento en 3D	Módulo CTB 2: Modelamiento BIM
	Extracción de información	Módulo CTB 3 : Generación y extracción de Información
	Generación de tablas	
	Generación de Planos	
	Coordinación	Módulo CTB4: Modelamiento Avanzado
	Análisis de interferencias	
	Interoperabilidad	Módulo CTB 5: Interoperatividad
	Optimización	Módulo CTB 6: Optimización BIM
	Programación básica	Módulo CTB 7: Implementación Sistemas BIM
Programación avanzada	Módulo CTB 8: Implementación Avanzada Sistemas BIM	

Tabla: Módulos de Formación BIM de acuerdo con los conocimientos BIM involucrados

En tabla adjuntar descripción de siglas: agrupados bajo los conceptos de Conocimientos Conceptuales BIM (CCB) y Conocimientos Técnicos BIM (CTB).

Una vez definidos los módulos de formación BIM; se pueden asociar éstos a las necesidades de formación BIM que requiere cada uno de los roles propuestos. En la siguiente tabla, se pueden observar los módulos que debe cursar cada uno de los roles BIM para adquirir las competencias BIM requeridas para ejercer correctamente sus funciones en el proceso de diseño, construcción y operación de una edificación.

	Modelador BIM/Arquitectura	Modelador BIM/Estructuras	Modelador BIM/Especialidades	Coordinador BIM	Gerente Proyectos BIM (Bim Manager)	Director BIM	Gestor Operaciones BIM	Revisor BIM
Conocimientos Técnicos BIM	CTB 1							
	CTB2/Arquitectura	CTB 2/Estructuras	CTB 2/Especialidades	CTB 2 General				
				CTB 3				
				CTB 4				
				CTB 5				
				CTB 6				
				CTB 7				
				CTB 8				
Conocimientos Conceptuales BIM	CCB 1							
				CCB 2				
				CCB 3				
				CCB 4				
				CCB 5				
				CCB 6				

Nivel CTB 1: Visualización BIM

Nivel CTB2 : Modelamiento BIM

Nivel CTB3 : Generación y extracción de informes

Nivel CTB4: Modelamiento Avanzado

Nivel CTB 5: Interoperatividad

Nivel CTB 6: Optimización BIM

Nivel CTB 7: Implementación Sistemas BIM

Nivel CTB 8: Implementación Avanzada Sistemas BIM

Nivel CCB 1: Conceptos BIM

Nivel CCB 2: Ejecución de Proyectos BIM

Nivel CCB 3: Gestión de Proyectos BIM

Nivel CCB 4: Diseño Estrategias BIM

Nivel CCB 5: Implementación Estratégica BIM

Nivel CCB 6: Gestión de Operaciones y Mantenimiento BIM

Tabla: Módulos de Formación BIM asociados con roles BIM de proyecto.

El definir una estructura de formación basada en módulos, permite a los profesionales y/o técnicos avanzar en su formación en BIM de forma paulatina y adquirir competencias en la medida que gana experiencia práctica ejecutando proyectos en entornos BIM. Por ejemplo, un coordinador BIM puede aumentar sus competencias capacitándose en los módulos superiores que no ha cursado, para posteriormente asumir el rol de BIM Manager.

Por otro lado, la segmentación en módulos de capacitación permite a las diferentes instituciones de capacitación de proveedores de software ofrecer programas de corta duración constituidos sólo por los módulos requeridos para ejercer un determinado rol alineado al plan de capacitación BIM establecido en la organización. Es importante que, para llevar a cabo una capacitación del personal se acuda a instituciones certificadas que cuenten con la experiencia, conocimiento, capacidad técnica y calidad suficiente para desarrollar una formación integral de acuerdo con las características y nivel de desarrollo establecidos para el personal de la organización de acuerdo con el plan de Capacitación BIM establecido. Esto con la finalidad de establecer una línea base que permita medir su evolución a lo largo de la ejecución de dicho plan de capacitación.

Capítulo 4

PLAN DE EJECUCIÓN BIM

Cada Proyecto es diferente, por lo tanto, es prioritario que el BIM Manager establezca un BEP (BIM Execution Plan) que le permita cumplir con los objetivos BIM del proyecto. Sin embargo, es necesario que se establezca un BEP a nivel corporativo.

Temas:

- ¿Cómo evaluar un BEP para un proyecto específico?
- Información que debe incluir el plan de ejecución
- Identificación de Objetivos y usos
- Definir los procesos para la ejecución
- Flujos de información BIM
- Determinar las reuniones importantes
- Definición de estándares
- Evolución del BEP
- Infraestructura para el proyecto

¿Cómo evaluar un BEP para un proyecto específico?

El elemento más importante de BIM es la "Información". El objetivo de desarrollar un Plan de Ejecución BIM (BEP) es facilitar la gestión de la información en un proyecto BIM. Un plan de ejecución BIM es fundamental para el proceso BIM. Es una parte integral de cualquier nuevo proyecto de desarrollo de construcción.

El valor de BIM se da a través de un aumento de la calidad del diseño por medio de análisis efectivos; mayor prefabricación debido a condiciones de campo predecibles; mejora de la eficiencia de campo al visualizar el cronograma de construcción planificado, mayor innovación mediante el uso de aplicaciones de diseño digital; y muchos más. Al final de la fase de construcción, el operador de la instalación puede utilizar información valiosa para la gestión de activos, la planificación del espacio y la programación de mantenimiento para mejorar el rendimiento general de la instalación o una cartera de instalaciones.

Una mala planificación en la implementación de BIM puede incurrir en mayores costos para los servicios de modelado, retrasos en los horarios debido a la falta de información y poco o ningún valor agregado sobre el desarrollo del proyecto.

BIM puede implementarse en muchas fases a lo largo de un proyecto, pero la tecnología actual, la capacitación y los costos de implementación en relación con el valor agregado siempre deben tenerse en cuenta al determinar las áreas apropiadas y los niveles de detalle necesarios en los procesos de modelado de información.

¿Por qué desarrollar un Plan de Ejecución BIM?

Un BEP describe la visión general junto con los detalles de implementación para que el equipo los siga durante todo el proyecto. El Plan BIM debe desarrollarse en las primeras etapas de un proyecto; desarrollado continuamente a medida que se agregan participantes adicionales al proyecto; y monitoreado, actualizado y revisado según sea necesario durante la fase de implementación del proyecto.

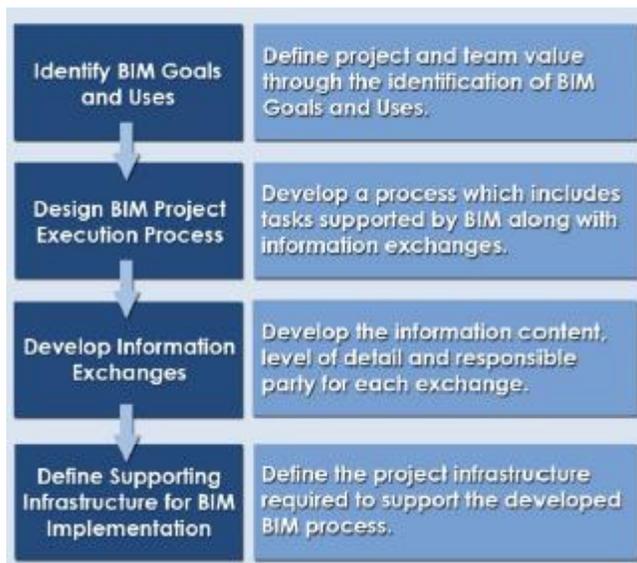
A través de un plan BIM es posible alcanzar los siguientes beneficios:

1. Todas las partes comprenderán y comunicarán claramente los objetivos estratégicos para implementar BIM en el proyecto.
2. Los alcances, usos, y objetivos que tendrá el proyecto en cada una de sus fases.
3. Las organizaciones comprenderán sus roles y responsabilidades en la implementación.
4. El equipo podrá diseñar un proceso de ejecución que sea adecuado para cada equipo. Las prácticas comerciales de los miembros y los flujos de trabajo organizacionales típicos.
5. El plan describirá recursos adicionales, capacitación u otras competencias necesarias para implementar con éxito BIM para los usos previstos.
6. El plan proporcionará un punto de referencia para describir el proceso a los futuros participantes que se unan al proyecto.
7. Las divisiones de compras podrán definir el lenguaje del contrato para garantizar que todos los proyectos los participantes cumplen con sus obligaciones.
8. El plan de referencia proporcionará una meta para medir el progreso a lo largo del proyecto.
9. Los lineamientos que deberán cumplirse para obtener un BIM homologado.

10. Los niveles de detalle gráfico y de información que contendrá el modelo en cada fase del proyecto.
11. El Entorno de Colaboración BIM.
12. El gerenciamiento de la información generada del proyecto

Para crear e implementar un Plan de Ejecución BIM en un proyecto, es importante siempre tener en cuenta estos cuatro puntos dentro del procedimiento de implementación BIM:

- Identifique los usos BIM de alto valor durante las fases de planificación, diseño, construcción y operación del proyecto.
- Diseñe el proceso de ejecución BIM creando mapas de proceso
- Definir los entregables BIM en forma de intercambios de información.
- Desarrollar la infraestructura en forma de contratos, procedimientos de comunicación, tecnología y control de calidad para apoyar la implementación.



El objetivo para desarrollar este procedimiento estructurado es estimular la planificación y la comunicación directa del equipo del proyecto durante las primeras fases de un proyecto.

El BEP especifica los roles y responsabilidades de los miembros del proyecto al usar en el desarrollo de proyectos de construcción bajo la Metodología BIM a lo largo de sus diferentes etapas. Contiene detalles referentes a los alcances, prioridades, entregables BIM y los diferentes procesos colaborativos y de intercambio de información a través de los cuales se crean, mantienen y comparten los entregables, a fin de cumplir con un conjunto de objetivos del proyecto.

El contenido fundamental, complementario para satisfacer el cumplimiento de los cuatro puntos de la implementación BEP incluye lo siguiente:

- Información del proyecto.
- Miembros del proyecto.

- Objetivos del proyecto.
- Casos de uso BIM para cada etapa de un proyecto.
- Entregas BIM para cada caso de uso BIM.
- Roles y responsabilidades de los equipos de trabajo BIM.
- Planificación estratégica de entregables claves.
- Plan maestro de entrega de información (MIDP).
- Establecer hitos clave del proyecto y su línea de tiempo.
- Responsables para cada entrega de BIM.
- Plan de entrega de información de tareas (TIDP) que identifica la entrega de la información de cada proveedor.
- Elementos del modelo, nivel de detalles y atributos para cada entregable BIM:
 - Convenciones de nomenclatura de archivos.
 - Expectativas de tolerancia de construcción.
 - Requisito de atributo de datos.
 - Enfoque de anotaciones, abreviaturas y símbolos para evitar posibles ambigüedades.
- Proceso para la creación, mantenimiento, lanzamiento y colaboración de BIM.
- Entorno Común de Datos para la colaboración en el desarrollo del proyecto:
 - Gestión de transferencia de datos (formato de datos, herramientas de intercambio, etc.).
- Infraestructura tecnológica que debe contar cada equipo que participará en la generación de la información BIM.
 - Software para ser empleado.

Adicional a estos puntos el BEP puede tener un enriquecimiento adicional con puntos específicos que complementen al cumplimiento de los objetivos del proyecto a través de la implementación de la metodología en el proyecto.

¿Quién debería desarrollar el Plan de Ejecución BIM?

Representantes de todos los miembros principales del equipo del proyecto, incluidos el propietario, diseñadores, contratistas, ingenieros, contratistas especializados principales, gerente de instalaciones y propietario del proyecto. Es muy importante para el propietario, así como para todos los miembros del equipo primario, apoyar completamente el proceso de planificación. Para las reuniones iniciales de establecimiento de objetivos, los responsables de la toma de decisiones clave deben estar representados por cada una de las organizaciones para que los objetivos generales y la visión para la implementación del proyecto estén claramente definidos para futuras iniciativas de planificación. Una vez que se completa esta meta inicial, los coordinadores principales de BIM pueden desarrollar e implementar los procesos detallados de implementación e intercambios de información.

Información que debe incluir el plan de ejecución

El BEP generalmente se define al comienzo del proyecto y se puede cambiar para actualizar los alcances, miembros del proyecto o nuevos usos de BIM de acuerdo con las necesidades específicas del proyecto. Todas las actualizaciones deben hacerse con el permiso del Empleador (Dueño/Cliente) así como del BIM Manager del proyecto designado.

El BEP busca dar respuesta a los principales cuestionamientos en la integración y flujo de trabajo BIM con el proceso constructivo del proyecto.

- ¿Qué haremos en el proceso BIM?
- ¿Qué tipo de formato usaremos?
- ¿Qué software se utilizará durante el proceso?
- En qué participan todos los procesos / equipos a lo largo ¿el proceso?
- ¿Quién será responsable de cada uno de los involucrados? ¿proceso?
- ¿Dónde será el intercambio de datos entre equipos respectivos?
- ¿Cuál es la calidad del modelo que necesitaremos?
- Nivel de desarrollo (LOD) requerido en cada fase del proyecto.
- Roles y responsabilidades de cada equipo en cada fase.

Esta información es categorizada como paso final en el procedimiento de planificación de ejecución del proyecto BIM para implementar efectivamente BIM.

La NMX-C-527-ONNCCE-2017 fue elaborada bajo la responsabilidad del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE) y aprobada por el Comité Técnico de Normalización de Productos, Sistemas y Servicios para la Construcción. Esta norma establece las especificaciones para implementar el modelado de información en proyectos a través de la elaboración y seguimiento de un plan de ejecución. Es aplicable a proyectos que implementen el modelado de información, ya sean de edificación o infraestructura, públicos o privados, y en cualquier etapa de su ciclo de vida. Incluye 13 secciones en el Plan de Ejecución, siendo estos:

1. Visión General del Plan de Ejecución BIM
2. Información del Proyecto
3. Personal Clave del Proyecto
4. Requerimientos del Propietario para BIM
5. Metas y Usos BIM
6. Roles y Responsabilidades
7. Diagramas BIM
8. Intercambios de Información
9. Estrategia de Colaboración
10. Procedimientos de Control de Calidad de los Modelos
11. Infraestructura Informática
12. Estructura de los Modelos
13. Entregables BIM

Visión General del Plan de Ejecución BIM

Esta sección se compone de dos partes:

1. Resumen Ejecutivo: resumen que indique los alcances y metas principales del proyecto.
2. Declaración de la Misión: información necesaria y suficiente que permita interpretar correctamente las expectativas de aplicar BIM en el proyecto.

Información del Proyecto

Esta sección incluye información básica del proyecto:

1. Datos Generales del Propietario: nombre, dirección, número de contrato y de proyecto.
2. Nombre del Proyecto
3. Ubicación del Proyecto
4. Descripción del Proyecto: tipo de proyecto, área aproximada, etcétera.
5. Programa del Proyecto: lista de requerimientos del proyecto, certificaciones o especificaciones a cumplir.
6. Calendario del Proyecto: lista de fechas o hitos importantes del proyecto con etapas u objetivos intermedios.

Personal Clave del Proyecto

Esta sección incluye una lista de contactos clave relacionados con el proyecto BIM. Debe incluir el rol, nombre, empresa e información de contacto de al menos un representante de: propietario del proyecto, dirección/gerencia del proyecto, dirección/gerencia BIM, equipo de diseño, consultores, contratistas, subcontratistas, fabricantes y proveedores

Requerimientos del Propietario para BIM

Esta sección incluye una lista y documentación de los requerimientos BIM del propietario para el proyecto: información técnica, información administrativa o de gestión e información comercial.

Metas y Usos BIM

Esta sección documenta las metas y usos BIM especificados para el proyecto. El listado de metas BIM debe contener las metas específicas del proyecto jerarquizadas y priorizadas (alta, medio o baja prioridad / corto, mediano o largo plazo). Además, se debe plasmar de forma clara la relación de estas con los usos BIM potenciales.

Al listar los usos BIM potenciales en el proyecto, se debe incluir: la visión general de estos, los beneficios potenciales, las competencias requeridas para su cumplimiento e información de referencia para su aplicación.

Roles y Responsabilidades

Contiene un listado de los responsables para cada uso BIM: equipo a cargo de la ejecución o aplicación del uso BIM, personal requerido, tiempo estimado de desarrollo, lugar de trabajo, nombre e información del contacto principal de cada equipo.

También provee un diagrama organizacional correspondiente a la aplicación de BIM en el proyecto.

Diagramas BIM

Esta sección se compone de tres partes:

1. Diagramas BIM: incluye los diagramas de flujo necesarios para describir los procesos BIM aplicados en el proyecto. Incluye los responsables de cada proceso, así como, los principales intercambios de información.
2. Diagrama de Flujo General: muestra el diagrama de proceso general y único para todo el proyecto.
3. Diagramas de Flujo Detallados: representados por un diagrama de proceso para cada uso BIM. Se deben incluir tantos diagramas como sean necesarios.

Intercambios de Información

Esta sección contiene una lista y representación de los diagramas de flujo utilizados para el intercambio de información durante el desarrollo del proyecto. Debe indicar: las fases del proyecto, los equipos responsables de generar la información, los equipos encargados de recibir la información, un listado del software emisor y receptor (indicando la versión establecida para el proyecto), el nivel de desarrollo y, en caso necesario, especificaciones adicionales consideradas relevantes para la ejecución del proyecto.

Estrategia de Colaboración

Documenta la estrategia de colaboración que se usará en el proyecto. Incluye seis puntos importantes:

1. Reuniones de colaboración: lista los tipos de reunión necesarios para los trabajos con BIM (fase en la que se deben llevar a cabo, frecuencia con que deben realizarse, participantes involucrados, lugar donde se llevarán a cabo).
2. Calendarización de los intercambios de información: indica el equipo emisor de la información, el formato o modo de entrega, el equipo receptor de la información, fecha esperada y frecuencia del intercambio, contenido esperado, software utilizado, etc.
3. Espacio físico para la colaboración y revisiones del modelo BIM: describe los requerimientos y ubicación de los lugares donde se llevarán a cabo las reuniones de revisión del modelo BIM.
4. Sistema de comunicación y gestión: es una descripción del sistema, almacenaje de mensajes y archivos incluidos en los flujos de comunicación. Requiere la definición del software de gestión de comunicación; así como, los accesos necesarios para cada equipo o miembro del proyecto.

5. Guía de administración de la información: contiene la ubicación y estructura de carpetas – subcarpetas y archivos, los accesos y permisos otorgados a los miembros de los equipos de trabajo, la forma en que se le dará mantenimiento a la información (carpetas y archivos). Es necesario considerar los trabajos en proceso, la información que se comparte y la información que se aprueba durante el desarrollo del proyecto.

Control de calidad

Los equipos de proyecto deben determinar y documentar su estrategia general para el control de calidad del modelo. Para garantizar la calidad del modelo en cada fase del proyecto y antes del intercambio de información, se deben definir e implementar procedimientos.

Verificaciones de control de calidad

Cada miembro del equipo del proyecto debe ser responsable de realizar verificaciones de control de calidad de sus propiedades de diseño, conjunto de datos y modelo antes de enviar sus entregables.

Se deben considerar los siguientes controles de control de calidad al determinar un plan para el control de calidad:

- **Comprobación visual:** asegúrese de que no haya componentes de modelo no deseados y que se haya seguido la intención del diseño mediante el uso de software de navegación
- **Verificación de interferencia:** detecta problemas en el modelo donde dos componentes del edificio están en conflicto por un software de detección de conflictos
- **Verificación de estándares:** asegúrese de que el modelo cumpla con los estándares acordados por el equipo.
- **Validación de elementos:** asegúrese de que el conjunto de datos no tenga elementos indefinidos o definidos incorrectamente.

Infraestructura Informática

Contiene un listado de los requerimientos informáticos del proyecto:

1. Software, versión y procedimiento para el cambio de versión o actualización en caso necesario.
2. Equipo requerido y los requisitos mínimos de operación: informático y de captura de datos.
3. El contenido del modelado y la información de referencia: familias y objetos de modelado, espacios de trabajo o vistas, esquemas y bases de datos.

Estructura del modelo

El equipo debe identificar los métodos para garantizar la precisión e integridad del modelo. Después de acordar los procedimientos de colaboración y las necesidades de infraestructura tecnológica, el equipo de planificación debe llegar a un consenso sobre cómo se crea, organiza, comunica y controla el modelo.

Los elementos para considerar incluyen:

- Definir una estructura de nombres de archivos para todos los diseñadores, contratistas, subcontratistas y otros miembros del proyecto.
- Describir y diagramar cómo se separarán los modelos (por ejemplo, por edificio, por pisos, por zonas, por áreas y / o por disciplinas)
- Describir el sistema de medición (imperial o métrico) y el sistema de coordenadas (georreferenciado / punto de origen) que se utilizará para permitir una integración más fácil del modelo.
- Identificar y acordar elementos como los estándares BIM y CAD, información de referencia de contenido y la versión de IFC, etc.

Entregables del proyecto

El equipo del proyecto debe considerar qué entregables requiere el propietario del proyecto. Con la fase de entrega del proyecto, se debe considerar el formato de fecha de vencimiento y cualquier otra información específica sobre la entrega.

Identificación de Objetivos y Usos BIM para el proyecto

La determinación de las metas es un reto y una oportunidad en las fases tempranas del proyecto. Existen muchas tareas diferentes que se pueden beneficiar de la incorporación de BIM. Esos beneficios se documentan como usos BIM en la guía *The Uses of BIM* (Penn State) e incluye los 25 usos principales para considerar en un proyecto.

Previo a la identificación de los usos BIM, el equipo de proyecto debe pensar en objetivos relacionados con BIM. Estos deben ser específicos del proyecto en cuestión, medibles, buscar el éxito de la planeación, diseño, construcción y operaciones del edificio. Una categoría de objetivos debe relacionarse con el desempeño general del proyecto incluyendo reducción del tiempo total programado de obra, reducir el costo del proyecto o incrementar la calidad general. Algunos objetivos pueden apuntar a la eficiencia en tareas específicas que permitan ahorros en tiempo o costos. Estos objetivos incluyen el uso de aplicaciones de modelado para crear documentación más eficientemente, desarrollar presupuestos con extracción automática de cantidades, o la reducción de tiempo para el ingreso de datos en los sistemas de mantenimiento. Estos son solo algunos ejemplos de los objetivos potenciales que se pueden tener en el inicio, para tomar decisiones sobre la implementación BIM en un proyecto.

Para que la implementación de BIM sea exitosa, es crítico que los miembros del equipo entiendan los usos que tendrá la información que están desarrollando. Para enfatizar en el

ciclo de vida de la información, un concepto clave es identificar los usos apropiados para BIM, empezando con los potenciales usos finales. Es decir, el equipo del proyecto debe considerar inicialmente las fases tardías del proyecto para entender qué información sería valiosa para esas fases; por ejemplo, la definición de niveles de detalle (LOD) deberá ser mayor en los modelos si se busca administrar el edificio teniendo como base los modelos BIM. Luego, podrán moverse a través de las fases en orden inverso (operaciones, construcción, diseño y planeación).

La tabla muestra un ejemplo de cómo identificar los principales usos BIM en cada fase del proyecto:

PLAN	DESIGN	CONSTRUCT	OPERATE
Existing Conditions Modeling			
Cost Estimation			
Phase Planning			
Programming			
Site Analysis			
	Design Reviews		
	Design Authoring		
	Energy Analysis		
	Structural Analysis		
	Lighting Analysis		
	Mechanical Analysis		
	Other Eng. Analysis		
	LEED Evaluation		
	Code Validation		
	3D Coordination		
	Site Utilization Planning		
	Construction System Design		
	Digital Fabrication		
	3D Control and Planning		
	Record Model		
			Maintenance Scheduling
			Building System Analysis
			Asset Management
			Space Mgmt/Tracking
			Disaster Planning

Primary BIM Uses
 Secondary BIM Uses

Esta perspectiva de “iniciar con el final en mente” identificará los usos de la información que deberán ser soportados por procesos tempranos en el ciclo de vida del proyecto. Identificando los usos finales primero, el equipo se puede enfocar en identificar información reusable e intercambios de información claves.

Es importante comprender que algunos objetivos pueden estar relacionados con Usos específicos, mientras que otros no. Por ejemplo:

- Si existe un objetivo del proyecto para aumentar la productividad y la calidad del trabajo de campo a través de grandes cantidades de prefabricación, entonces el equipo puede considerar el uso BIM 'Coordinación de diseño 3D' que le permitirá identificar y corregir posibles conflictos geométricos antes de la construcción.
- Por otro lado, si el objetivo del equipo era aumentar la sostenibilidad del proyecto de construcción, varios usos pueden ayudar a lograr ese objetivo.

Cada Uso BIM debe satisfacer una descripción general del uso, beneficios potenciales, competencias de equipo requeridas y recursos seleccionados a los que se puede hacer referencia para obtener información adicional sobre el uso de BIM.

Procedimiento para la selección de los Usos BIM

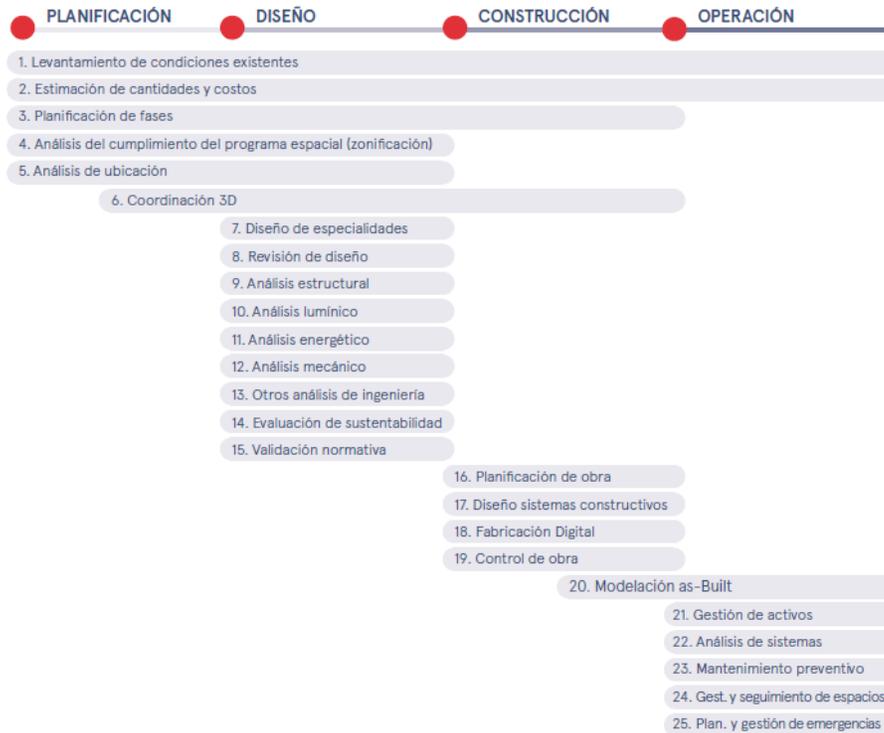
Este análisis de los usos de BIM debería centrarse inicialmente en los resultados deseados para el proceso general. Por lo tanto, el equipo debe comenzar con la fase de Operaciones e identificar el valor de cada uno de los Usos de BIM, ya que se relaciona específicamente con el proyecto al proporcionar una prioridad Alta, Media o Baja para cada uso. El equipo puede avanzar a cada fase del proyecto anterior (Construcción, Diseño y Planificación).

Existen plantilla que apoyan en la definición e importancia de los Usos BIM para el proyecto, este proceso de selección de usos BIM permite realizar un análisis de factibilidad de BIM dentro del proyecto, los procesos e involucrados que tomarían parte en el cumplimiento de cada uno de estos objetivos, así como conocer el requerimiento técnico, tanto de infraestructura como de personal, que se deberá involucrar en la implementación BIM para el proyecto.

BIM Use*	Value to Project	Responsible Party	Value to Resp Party	Capability Rating			Additional Resources / Competencies Required to Implement	Notes	Proceed with Use
				Resources	Competency	Experience			
	High / Med / Low		High / Med / Low	Scale 1-3 (1 = Low)					YES / NO / MAYBE
Maintenance Scheduling									
Building Systems Analysis									
Record Modeling									
Cost Estimation									
4D Modeling									
Site Utilization Planning									
Layout Control & Planning									
3D Coordination (Construction)									
Engineering Analysis									
Site Analysis									
Design Reviews									
3D Coordination (Design)									
Existing Conditions Modeling									
Design Authoring									
Programming									

Definiciones de Usos BIM

En la siguiente tabla se muestran los Usos BIM:



A continuación, se presentan las definiciones de los veinticinco Usos BIM:

1. Levantamiento de condiciones existentes: Proceso de desarrollo de uno o más modelos BIM considerando las condiciones actuales de un sitio y/o sus instalaciones y/o un área específica dentro de una edificación o infraestructura. Este modelo se puede desarrollar de múltiples maneras, por ejemplo, a partir de escaneo láser o técnicas de topografía convencionales. Una vez que se construye el modelo, éste se puede consultar para obtener información, ya sea para una nueva construcción o un proyecto de remodelación y/o ampliación.
2. Estimación de cantidades y costos: Proceso de utilización de la información de uno o más modelos BIM para extraer cantidades de componentes y materiales del proyecto y, en base a esta información, el costo de un proyecto en sus distintas etapas, siendo más eficiente desarrollarlo desde las etapas tempranas. Esto permite prevenir posibles costos y tiempos adicionales por errores y/o modificaciones al proyecto.
3. Planificación de fases: Proceso de utilización de uno o más modelos 4D (3D + tiempo) para planear la secuencia constructiva de un proyecto y/o las etapas de ocupación en una remodelación o ampliación de una edificación o infraestructura.
4. Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación): Proceso de utilización de uno o más modelos BIM para evaluar si el diseño cumple de manera eficiente y exacta con las áreas incluidas en los requerimientos del proyecto, tomando en cuenta las regulaciones y normas establecidas.

5. Análisis de ubicación: Proceso de utilización de uno o más modelos BIM y/o GIS para evaluar las propiedades de un área y determinar la mejor localización y orientación de un futuro proyecto.
6. Coordinación 3D: Proceso de planificación entre las distintas disciplinas previo al diseño para evitar posibles interferencias. Este Uso BIM incluye además la detección de interferencias una vez generados los diseños de las disciplinas a través de uno o más modelos BIM.
7. Diseño de especialidades: Proceso de creación de uno o más modelos BIM de las distintas disciplinas de un proyecto. El Diseño de especialidades es un paso clave para incorporar la información a una base de datos inteligente de la cual se pueden extraer propiedades, cantidades, costos, programación, etc.
8. Revisión del diseño: Proceso de revisión de las posibles respuestas a los requerimientos del proyecto respecto de áreas, diseño espacial, iluminación, seguridad, confort, acústica, materialidad, colores, etc., mediante la creación de uno o más modelos BIM que pueden contener múltiples alternativas de diseño.
9. Análisis estructural: Proceso de análisis para determinar el comportamiento de un sistema estructural a través de uno o más modelos BIM. En base a este análisis, se desarrolla y ajusta el diseño para crear sistemas estructurales eficientes que cumplan con la normativa vigente. Esta información se utilizará en las fases de diseño y construcción.
10. Análisis lumínico: Proceso para determinar el comportamiento de un sistema de iluminación a través de uno o más modelos BIM. Esto puede incluir iluminación artificial (interior y exterior) y natural (iluminación solar y sombra). En base a este análisis, se desarrolla y ajusta el diseño para crear sistemas de iluminación eficientes. Este análisis permite simulaciones que pueden mejorar significativamente el diseño y el rendimiento de la iluminación a lo largo de su ciclo de vida.
11. Análisis energético: Proceso de evaluación de un proyecto a través de uno o más modelos BIM, en base a criterios energéticos, que pueden incluir materiales, desempeños y/o procesos. Esta evaluación energética puede ser realizada en todas las etapas del ciclo de vida, sin embargo, es más efectiva cuando se realiza en la fase de diseño para luego ser aplicada en la etapa de construcción y operación del proyecto.
12. Análisis mecánico: Proceso de análisis y evaluación de ingeniería de los sistemas mecánicos, basado en las especificaciones de diseño para los sistemas del proyecto, a través de uno o más modelos BIM.
13. Otros análisis de ingeniería: Proceso para determinar el método de ingeniería no tradicional más pertinente basado en las especificaciones de diseño, a través de uno o más modelos BIM. Las herramientas de análisis y simulaciones de rendimiento pueden mejorar significativamente el diseño de las instalaciones y su consumo de energía durante todo el ciclo de vida.

14. Evaluación de sustentabilidad: Proceso en el que un proyecto se evalúa en base a criterios de sustentabilidad a través de uno o más modelos BIM. Este proceso debe ocurrir durante todas las etapas de la vida de un proyecto, incluida la planificación, el diseño, la construcción y la operación.
15. La aplicación de criterios sustentables a un proyecto en las fases de planificación y diseño temprano mejoran la capacidad de impactar en la eficiencia del diseño y la planificación.
16. Validación normativa. Proceso de revisión del cumplimiento de códigos y normas que aplican al proyecto a través de uno o más modelos BIM.
17. Planificación de obra: Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para planificar, de manera gráfica, las actividades vinculadas a los elementos existentes, temporales y propuestos de un proyecto durante su construcción. Esto puede incluir el costo de mano de obra y los materiales, entre otros puntos.
18. Diseño de sistemas constructivos: Proceso de diseño y análisis de la ejecución de sistemas de construcción complementarios (por ejemplo, soportes temporales, acristalamientos, etc.) para optimizar su planificación a través de uno o más modelos BIM.
19. Fabricación digital: Proceso que utiliza información de uno o más modelos BIM para facilitar la fabricación de componentes de construcción o ensamblajes. Algunos usos de la fabricación digital se pueden ver, por ejemplo, en la fabricación de chapas metálicas, fabricación de acero estructural, corte de tuberías, creación de prototipos para revisiones de intención de diseño, etc. La información de los modelos ayuda a asegurar la precisión, así como también la reducción de desperdicios en la fase de fabricación.
20. Control de obra: Proceso de monitoreo, análisis, administración y optimización de la construcción, a través de uno o más modelos BIM. El objetivo es asegurar que la construcción se realice según las especificaciones técnicas, de acuerdo con las regulaciones, seguridad y requerimientos del propietario, así como para respaldar los estados de pago de los avances logrados en cada hito de entrega parcial.
21. Modelación As-Built: Proceso de modelación en el que se representa de manera exacta las condiciones físicas de todos los elementos que son parte de una edificación o infraestructura. Los elementos de estos modelos contienen toda la información solicitada para los modelos, tal como códigos de barras, números de serie, garantías, historial de mantenimiento, entre otros.
22. Gestión de activos: Proceso en el que un sistema de gestión organizado está vinculado bidireccionalmente a un modelo BIM As-Built, que puede estar conformado por uno o más modelos BIM, para ayudar de manera eficiente en el mantenimiento y operación de un activo. Estos modelos BIM contienen información de la construcción física, los sistemas, el entorno circundante y los equipos, que se deben mantener, actualizar y operar de manera eficiente y sustentable.
23. Análisis de sistemas: Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para el análisis del desempeño de un edificio o infraestructura de acuerdo con el

planteamiento de las especialidades en el diseño original. Esto incluye cómo funcionan los diferentes sistemas mecánicos y cuánta energía utilizan. Otros análisis que se pueden hacer incluyen incidencia solar en las fachadas, análisis lumínico y de radiación, cálculo de flujo de aire, entre otros.

24. **Mantenimiento preventivo:** Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para desarrollar la mantención funcional de la estructura de una edificación o infraestructura (muros, columnas, pisos, techo, etc.) y su equipamiento (mecánico, sanitario, eléctrico, etc.) durante su operación. Un programa de mantenimiento exitoso puede mejorar de manera significativa el desempeño del activo, reduciendo reparaciones y costos generales.
25. **Gestión y seguimiento de espacios:** Proceso de administración de los espacios y recursos relacionados a éstos dentro de una edificación o infraestructura, a través de uno o más modelos BIM que permiten al equipo de administración analizar el uso del espacio y planificar posibles cambios. Esto es particularmente útil en la remodelación o ampliación de un proyecto durante la cual los espacios e instalaciones deben permanecer ocupados y en funcionamiento.
26. **Planificación y gestión de emergencias:** Proceso en el cual se accede a la información crítica de la edificación o infraestructura a través de uno o más modelos BIM, con el propósito de mejorar la eficiencia de respuesta ante una emergencia y minimizar los riesgos de seguridad. La información dinámica del activo es proporcionada por un BAS (por sus siglas en inglés, Building Automation System), mientras que la información de la edificación estática, como planos de planta y esquemas de equipos, reside en el o los modelos BIM. El BIM junto con el BAS pueden mostrar claramente dónde se localiza la emergencia dentro del edificio, las posibles rutas hacia el área y cualquier otro lugar en riesgo dentro del activo.

Nota: Ver Anexo A – Usos BIM

Definir los procesos para la ejecución

El mapa de procesos desarrollado en este paso permite al equipo comprender el proceso BIM general, identificar los intercambios de información que se compartirán entre varias partes y definir claramente los diversos procesos que se realizarán para los usos BIM identificados.

El mapeo del proceso BIM para el proyecto requiere que el equipo del proyecto desarrolle primero un mapa general que muestre cómo se realizarán los diferentes usos BIM. Luego, se desarrollan mapas detallados del proceso de uso de BIM para definir la implementación específica de BIM con un mayor nivel de detalle.

Nivel 1: Mapa general de BIM

El Mapa general muestra la relación de los usos BIM que se emplearán en el proyecto. Este mapa de proceso también contiene los intercambios de información de alto nivel que ocurren durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Nivel 2: Mapas detallados del proceso de uso de BIM

Se crean mapas detallados del proceso de uso de BIM para cada uso de BIM identificado en el proyecto para definir claramente la secuencia de varios procesos a realizar. Estos mapas también identifican a las partes responsables de cada proceso, el contenido de información de referencia y los intercambios de información que se crearán y compartirán con otros procesos.

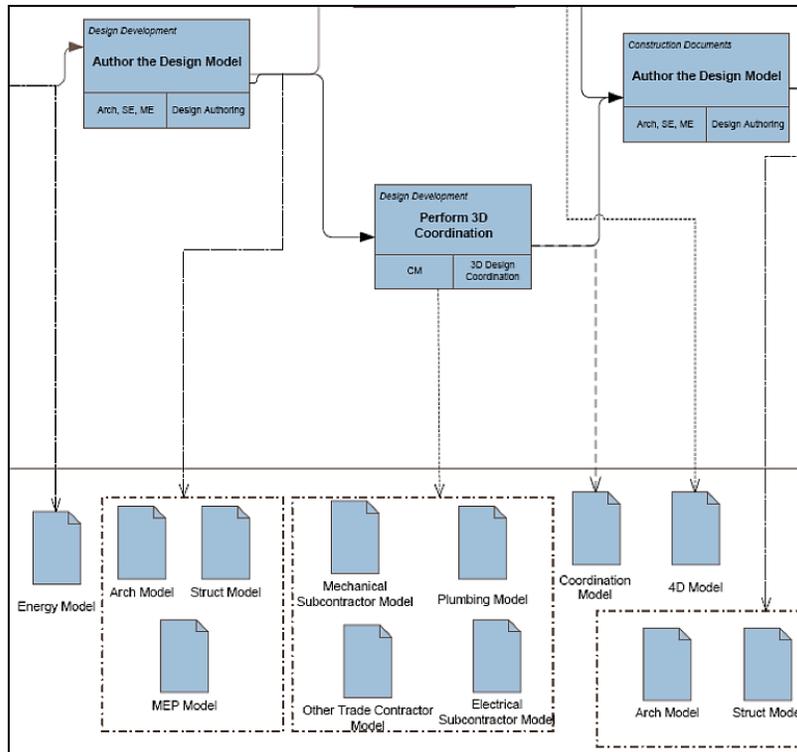
Creación de un mapa general de BIM (Nivel 1)

Esta sección detalla cómo crear un mapa general de BIM.

1. **Enlistar los posibles usos de BIM en un mapa general de BIM:** Una vez que el equipo identifica los usos de BIM para el proyecto, el equipo puede comenzar el proceso de mapeo agregando cada uno de los Usos de BIM como proceso dentro del mapa. Es importante comprender que se puede agregar un uso BIM al mapa general en varias ubicaciones si se realiza varias veces dentro del ciclo de vida del proyecto.
2. **Organizar los usos de BIM de acuerdo con la secuencia del proyecto:** Después de que el equipo del proyecto haya establecido los procesos BIM que se implementarán en el proyecto, el equipo debe ordenar estos procesos secuencialmente. Uno de los propósitos del Mapa general es identificar la fase para cada uso de BIM (por ejemplo, planificación, diseño, construcción u operación) y proporcionar al equipo la secuencia de implementación. Para fines simplistas, los usos de BIM deben estar alineados con el programa de entregables de BIM.
3. **Identificar las partes responsables de cada proceso:** Es importante en todos los casos considerar qué miembro del equipo es el más adecuado para completar con éxito la tarea. Además, algunos procesos pueden tener múltiples partes responsables. La parte identificada será responsable de definir claramente la información requerida para implementar el proceso, así como la información producida por el proceso.
4. Cada proceso debe incluir un nombre de proceso, fase de proyecto y la parte responsable. Cada proceso también debe incluir un título de "Mapa detallado" que apunte al mapa detallado (mapa de nivel dos) para el proceso.



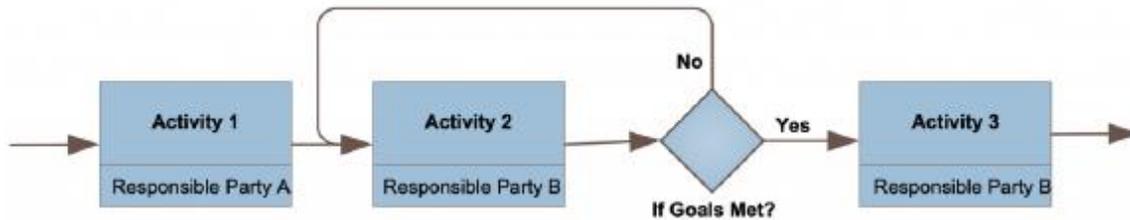
5. **Determinar los intercambios de información necesarios para implementar cada uso BIM:** El Mapa general de BIM incluye los intercambios de información crítica que son internos a un proceso particular o compartidos entre procesos y partes responsables. En general, es importante incluir todos los intercambios de información que pasarán de una parte a otra.



Creación de un mapa de uso detallado de BIM

Después de crear un mapa de descripción general, se debe crear un mapa de proceso de uso de BIM detallado para cada uso de BIM identificado para definir claramente la secuencia de los diversos procesos que se realizarán dentro de ese uso de BIM. Es importante darse cuenta de que cada proyecto y empresa es único, por lo que puede haber muchos métodos potenciales que un equipo podría usar para lograr un proceso en particular. Por lo tanto, estos mapas de proceso de plantilla deberán ser personalizados por los equipos del proyecto para lograr el proyecto y los objetivos de la organización. Por ejemplo, el mapa de proceso de la plantilla puede necesitar adaptarse para integrar un flujo de trabajo de una aplicación informática específica o una secuencia de trabajo en equipo del proyecto. Un mapa de proceso de uso BIM detallado incluye tres categorías de información que se representan en el lado izquierdo del mapa de proceso y los elementos se incluyen en las líneas horizontales (denominadas 'carriles' en la notación de mapeo BPMN):

1. **Información de referencia:** Recursos de información estructurados (empresariales y externos) necesarios para ejecutar un uso BIM.
2. **Proceso:** una secuencia lógica de actividades que constituyen un uso BIM particular.
3. **Intercambio de información:** los entregables BIM de un proceso que pueden ser necesarios como recurso para procesos futuros.



Flujos de información BIM

En este contexto, BIM no modifica estructuralmente el flujo de información dentro del proyecto, sino que se utiliza para asegurar la suficiencia, consistencia, calidad e interoperabilidad de la información intercambiada durante el desarrollo de éste. Con esto, se busca apoyar el proceso de cumplimiento de la rentabilidad social de los proyectos y la eficiencia en el uso de los recursos del proyecto.

Durante las diversas etapas de los proyectos se generan uno o más intercambios de información entre el Solicitante y los Proveedores. Para poder definir cómo se realizará ese intercambio de información a través de BIM, el Solicitante debe generar una Solicitud de Información BIM y los Proveedores deben responder a ésta a través de uno o más Planes de Ejecución BIM, entre otros documentos.

Interoperabilidad

Es la “capacidad de un producto o sistema para trabajar con otros productos o sistemas, [...] existentes o futuros, sin restricción de acceso o implementación”.

La interoperabilidad es clave ya que permite:

- Mantener la transparencia y probidad.
- Fomentar la competencia y el aumento de proveedores de soluciones tecnológicas.
- Integrar la información proveniente de BIM con la información de otros softwares que pueden ser o no desarrollos propios de instituciones públicas o privadas.
- Asegurar la usabilidad de los datos en todo el ciclo de vida de los proyectos. El proyecto necesita información organizada que pueda ser usada en el futuro para la operación y posibles remodelaciones, por lo que es clave que la disponibilidad de la información no esté supeditada a la disponibilidad de una marca específica de software.

Trabajo Colaborativo

Es el proceso de desarrollo de un proyecto de edificación o infraestructura en el cual todos los actores involucrados se enfocan en obtener beneficios compartidos de las tareas que se realizan durante el ciclo de vida. Esto apunta a que la generación de información sea coordinada independiente del proceso o la forma de contrato.

Para lograr el trabajo colaborativo es necesario que los distintos actores del proyecto generen información utilizando procesos estandarizados y métodos de comunicación establecidos que garanticen la calidad.

Solicitud de Información BIM (SDI)

Se entiende como un documento que define por qué y para qué se utilizará BIM en un proyecto. El documento debe indicar de manera formal y explícita los entregables BIM y la información que debe estar contenida en ellos.

Este documento es generado por el Solicitante y debe ser entregado a él o los Proveedores Oferentes que pueden ser externos, por ejemplo, consultores y/o contratistas en el marco de una licitación, o equipos internos encargados de ciertas tareas del proyecto.

La Solicitud de Información BIM puede actuar como complemento o anexo a una solicitud de información mayor (bases de licitación, términos de referencia, documentos de llamados de subsidios, etc.) y debe requerir la información siguiendo lo indicado en el presente estándar.

Los aspectos mínimos que debe incorporar una Solicitud de Información BIM son:

- Objetivo General y Objetivos Específicos.
- Usos, Tipos de Información y Niveles de Información BIM requeridos.
- Entregables requeridos.
- Estrategia de Colaboración.
- Organización de los modelos.

COBie para el intercambio de la información

Define las expectativas para el intercambio de información a lo largo del ciclo de vida de una edificación o infraestructura. El uso de COBie garantiza que la información se pueda preparar y utilizar sin la necesidad de conocer las aplicaciones o bases de datos de envío y recepción. Asegura que el intercambio de información pueda ser revisado y validado para su cumplimiento, continuidad e integridad.

Los parámetros COBie forman parte del conjunto mínimo de datos a requerir por el Solicitante. El esquema de intercambio de información COBie, permitirá administrar los datos necesarios del edificio o infraestructura en sus distintas etapas durante el ciclo de vida. Estos datos pueden referirse a recintos y espacios, listas de equipos, hojas de datos de productos, garantías, listados de repuestos y programas de mantenimiento, entre otros. El uso de este esquema tiene como objetivo la mejora en la gestión de la operación y mantenimiento de las edificaciones e infraestructura.

Definición de estándares

La definición de los estándares a utilizar a lo largo de la ejecución BIM del proyecto se alinea con los requerimientos mínimos para el intercambio de información BIM. A su vez, incorpora mayor detalle respecto de cómo debe ser entregada la información a través de la definición de, por ejemplo, Nivel de Información, Tipo de Información, Usos de BIM, etc. Todas estas definiciones están basadas en estándares y convenciones internacionales que se referencian en cada uno de los puntos correspondientes.

En la siguiente tabla se proporcionan algunos estándares internacionales utilizados para la implementación BIM dentro de un proyecto.

Tipo	Nombre	Estándar	Descripción
Base tecnológica	IDM Information Delivery Manual	ISO 29481-1: 2016 ISO 29481-2: 2012	Describe procesos
	IFC Industry Foundation Class	ISO 16739-1:2018	Transporta información / datos
	BCF BIM Collaboration Format	buildingSMART BCF	Cambios para la Coordinación
	IFD International Framework for Dictionaries	ISO 12006-3: 2007 buildingSMART Data Dictionary	Diccionario de términos
	MVD Model View Definition	buildingSMART MVD	Traduce procesos en requisitos técnicos
	COBie Construction Operations Building information exchange	BS 1192-4: 2014	Transporta información / datos para operación
General	ISO BIM 1 Organization of information about construction works. Information management using building information modelling	ISO19650-1: 2018	Describe los conceptos y principios de BIM
	ISO BIM 2 Organization of information about construction works. Information management using building information modelling	ISO19650-2: 2018	Describe la fase de entrega de los activos
Base de Conceptos	Project Building Information Protocol Form	AIA Document G202-2013	Define cinco Niveles de Desarrollo (LOD)
	Level of Development Specification	Level of Development Specification BIM Forum USA	Define seis Niveles de Desarrollo LOD
	Project Execution Planning Guide version 2.1	BIM Planning at Penn State	Define veinticinco Usos BIM
	Matriz de Elementos/Objetos del US Veterans Affairs VA BIM Guide Define Tipos de Información para cada Entidad	VA BIM Guide	Define Tipos de Información para cada Entidad
	Manual Básico de Entrega de Información (MEI)	BIM Basic Information Delivery Manual - version 1.0	Define 12 pasos para intercambiar información de manera estructurada
	Collaborative production of architectural, engineering and construction information - code of practice	BS 1192:2007	Define las convenciones de nomenclaturas de archivos y carpetas

La tabla anterior muestra tres tipos de estándares que se describen a continuación:

Base tecnológica: Estos estándares dan a los softwares BIM una estructura clara para el traspaso de la información con una visión global del diseño, ejecución y operación de edificios e infraestructura. Esto permite flujos de trabajo de información abiertos, independientes de la herramienta tecnológica usada para su generación de información.

General: Las dos normas internacionales utilizadas incluyen recomendaciones generales de cómo administrar, intercambiar, registrar, controlar y organizar la información que se aborda en el desarrollo de edificación e infraestructura por parte de los todos los actores del proyecto. Esto genera un marco global que propicia la internacionalización, tanto en la exportación como importación, de servicios relacionados.

Base de Conceptos: Establecen los conceptos claves que permiten al Estándar BIM definir los requerimientos mínimos para el intercambio de información BIM, generando un lenguaje global común sobre los temas técnicos de BIM.

Es importante recalcar que estos son algunos de los estándares internacionales que comúnmente se utilizan dentro de la implementación BIM. Sin embargo, es necesario que la definición de los estándares sea de común acuerdo entre los principales involucrados del proyecto y que estén alineados a satisfacer las necesidades y objetivos finales del proyecto mismo.

Infraestructura para el proyecto

El equipo responsable de la implementación BIM dentro del proyecto u organización debe determinar los requisitos de hardware, plataformas de software, licencias de software, redes y contenido de modelado para el proyecto.

Software

Es importante que comprendan y adapten sus estrategias de implementación BIM con el estado evolutivo de la tecnología disponible. En lugar de desarrollar herramientas para crear y mantener un solo modelo de información de construcción, los desarrolladores de software están creando herramientas que permiten a cada jugador en el ciclo de vida del edificio, particularmente en las fases de diseño y construcción, trabajar dentro de sus propios entornos de modelado e integrar esta información de manera colaborativa para un análisis comparativo.

La selección de las soluciones de software más adecuadas es extremadamente importante. Los equipos y las organizaciones deben determinar qué plataformas de software y qué versión de ese software son necesarias para realizar los usos de BIM que se seleccionaron durante el proceso de planificación. Es importante acordar una plataforma de software al principio del proyecto para ayudar a solucionar posibles problemas de interoperabilidad. Los formatos de archivo para la transferencia de información ya deberían haberse acordado durante el paso de planificación del intercambio de información. Además, el equipo debe acordar un proceso para cambiar o actualizar las plataformas y versiones de software, de modo que una parte no cree un problema en el que un modelo ya no sea interoperable con otras partes.

El software debe seleccionarse por una razón y sólo una razón: para mejorar el potencial de generación de ingresos de la empresa. Para una empresa de diseño, el software seleccionado debe mejorar su capacidad de diseño; para una firma consultora especializada, su capacidad para realizar análisis iterativos; para una empresa de construcción, su capacidad para construir; para el propietario de un edificio, su capacidad para administrar y mantener sus bienes inmuebles. En todos los casos, el software debería permitir a todas las empresas hacer más con menos. En todos los casos, el software debe mejorar la capacidad de empresas para comunicarse con otras empresas e intercambiar información de forma fiable.

Si una inversión en software no aumenta la productividad, agiliza el flujo de trabajo, aumenta la calidad de los bienes y servicios producidos, reduce los costos operativos y aumenta las ganancias, entonces no cumple con la definición de avance tecnológico y no debe implementarse.

El resultado de la visión de la tecnología basada en los costos es que la mayoría del software está muy subutilizado, ya sea porque el software no se adapta bien a las necesidades comerciales de la empresa o porque la empresa no aprovecha al máximo las

capacidades técnicas del software que ya tiene. Esto es tan común porque muy pocas empresas realizan evaluaciones críticas y rigurosas de las capacidades funcionales de sus aplicaciones de software que determinarían qué tan bien esas capacidades se alinean con sus objetivos comerciales.

Hardware

Comprender las especificaciones de hardware se vuelve valioso una vez que la información comienza a compartirse entre varias disciplinas u organizaciones. También resulta valioso asegurarse de que el hardware descendente no sea menos potente que el hardware utilizado para crear la información. Para asegurarse de que esto no suceda, elija el hardware que tenga la mayor demanda y el más apropiado para la mayoría de los usos de BIM, alineado a la visión estratégica de la organización para la generación de valor.

Determinar las reuniones importantes

Una de las primeras tareas del equipo es determinar el horario de la reunión de planificación. Este horario debe identificar las reuniones definidas, junto con las fechas programadas para la reunión. El equipo puede decidir que desean extender el procedimiento de planificación a través de varias semanas con una de las reuniones definidas cada semana o cada dos semanas. Pero también pueden desear definir un cronograma de planificación acelerado durante varios días con el equipo específicamente enfocado en el desarrollo del plan.

Evolución del BEP

Una vez que se crea el Plan de Ejecución BIM inicial, deberá comunicarse, monitorearse y actualizarse continuamente durante todo el proyecto. Como mínimo, es valioso que los BIM Managers de los distintos equipos se reúnan mensualmente para discutir el progreso de las iniciativas del modelado de información en el proyecto y para abordar cualquier desafío de implementación que los miembros del equipo puedan encontrar. Estas reuniones pueden incorporarse con otras reuniones de equipo, pero es importante abordar específicamente los problemas que puedan surgir en la implementación del plan. Es importante que el equipo modifique continuamente el proceso planificado según sea necesario debido a la incorporación de miembros del equipo, revisiones de la tecnología disponible, cambios en las condiciones generales del proyecto y para reflejar el proceso real que evolucionó.

Se recomienda que el PEB incluya un listado especificando las actualizaciones que se han ido llevando a cabo sobre el propio documento indicando también el responsable (persona y empresa) de cada versión.

Además de incluir un histórico de revisiones es muy recomendable definir cuál será el proceso de aprobación e incorporación de los cambios al Plan para dejar constancia de quién o quiénes pueden alterar el contenido del Plan, quién o quiénes deben aprobar dicha actualización y en qué momentos podrá llevarse a cabo. Las modificaciones deberán ser acordadas con el promotor del proyecto y aprobadas, en su caso, por la Administración para poder ser incorporadas al mismo. Entendiendo el BEP como un documento vivo, será responsabilidad del equipo de Gestión BIM y resto de agentes,

incluyendo promotor que este proceso de cambios sea ágil, eficiente y quede lo suficientemente definido.

Capítulo 5

Ejecución BEP

Los aspectos técnicos relacionados con la gestión de los modelos y planos del proyecto, además de las plataformas tecnológicas tienen gran importancia para asegurar la calidad de la información generada y el éxito en la ejecución del BEP.

1. Trabajo con archivos iniciales del proyecto.
2. Procesamiento de datos del diseño para iniciar un modelo:
 - Configuración de plataformas tecnológicas
 - Configuración de plantillas de proyecto
 - Estándares de diseño (organización de los elementos que se usaran para el modelo)
 - Integración y coordinación de modelos
 - Diseño compartido
 - Exportación de archivos
 - Acceso a plataformas colaborativas en nube
 - Funciones de colaboración con plataformas de nube
 - Integración de modelos en la nube
3. Colaboración entre equipos del proyecto.
 - Análisis de información
 - Comparación de datos
 - Revisión de interferencias
 - Procedimientos para resolución de conflictos
 - Generar informes de cuantificación
4. Llevar control de calidad del proyecto
 - Revisión de integridad de modelos
 - Revisión de cumplimiento de estándares
 - Revisión de modelos (colocación de comentarios, revisión de conflictos etc)

Trabajo con archivos iniciales del proyecto

Building Information Modeling es una metodología que se basa en un modelado de tres dimensiones de autoría de las distintas disciplinas de la construcción. Esto significa que todo el ciclo de vida de un edificio o infraestructura será simulado y analizado por medio de este modelado, cargando consigo toda la geometría e información no geométrica pero sensible a la construcción del proyecto.



Antes de comenzar a trabajar en los modelos, es necesario que todos los participantes comprendan los objetivos que se buscan con ellos, los cuales dependerán de la etapa del proyecto en que nos encontremos. Estos objetivos deben ser medibles y específicos para el proyecto, tratando de esta manera de mejorar la planificación, diseño, construcción y operación de las instalaciones. Estas metas deben relacionarse con el desempeño general del proyecto, ya sea reduciendo la duración del cronograma de este, disminuyendo su costo, o aumentando la calidad general del proyecto.

Tipos de modelos BIM

Existen varios tipos de modelos BIM de acuerdo con la etapa en el ciclo del proyecto en que nos situemos y los objetivos específicos que se quiera abordar con el modelo. Cabe destacar que, dado que un modelo puede tener varios objetivos durante el desarrollo del proyecto, se debe apuntar a desarrollar el modelo que tenga la mayor cantidad de información o que logre un mayor alcance en su desarrollo.

A continuación, se mencionan los diferentes tipos de modelos BIM según el ciclo del proyecto; así como los objetivos de cada uno:

1. **Modelo de Cobertura De Terreno:** Modelo el cual, en base a la normativa presente de un terreno específico, permite determinar las condiciones espaciales para el diseño de un anteproyecto de arquitectura en cuanto a su superficie máxima de ocupación de suelo, número de pisos, altura máxima, etc.

2. **Modelo de Topografía:** Modelo que se genera a partir de la geometría de las curvas de nivel del terreno según lo indicado en los levantamientos topográficos, el cual correctamente implementado permite mostrar gráficamente las propiedades espaciales del terreno existente. Puede ser hecho en base a Nubes de Puntos tomados en base a Escáner Laser o Planos de Topografía. Este modelo contempla información paramétrica o información planimétrica que permite calcular el volumen real de tierra según estratos, cuando se incorpora en los modelos la información del proyecto de Mecánica de Suelos.
3. **Modelo de Movimiento de Tierras:** Modelo que se genera a partir del modelo de topografía existente del terreno. Contempla información paramétrica o información planimétrica que permite calcular la cantidad de tierra a mover o rellenar, cuando se incorpora en los modelos la información del proyecto de mecánica de suelos y del movimiento de tierras.
4. **Modelo de Anteproyecto de Arquitectura:** Modelo de diseño inicial de arquitectura, el cual en base a los requisitos del cliente y las condiciones del terreno se ha llegado a materializar espacialmente. Este modelo permite visualizaciones y generar análisis rápidos, interactivos e ilustrativos, que apoyan la comunicación y la toma de decisiones con el cliente. El modelado es utilizado para definir la geometría inicial y analizar los parámetros iniciales como edificabilidad, orientación solar, fondo edificable, alturas, aperturas, distribución del programa arquitectónico, entre otros. De esta forma, los ingenieros de instalaciones y estructura pueden colaborar en las primeras fases de proyecto al tener acceso al modelado.
5. **Modelo De Visualización:** Modelo volumétrico implementado para mostrar gráficamente las propiedades espaciales del proyecto de arquitectura. Puede ser hecho en base al modelo de anteproyecto de arquitectura o el modelo de arquitectura. Este modelo no contempla información paramétrica o información planimétrica.
6. **Modelo de Arquitectura:** Modelo con mayor desarrollo del diseño arquitectónico, el cual permite identificar un sistema estructural preliminar en el proyecto, identificar recintos según su uso y obtener información planimétrica, ya sea para tener una representación gráfica 2D del proyecto o para obtener los permisos municipales. El nivel de detalle del modelo de arquitectura es evolutivo durante el ciclo de vida del proyecto y puede concluir en un modelo de: Cubicación, Análisis, Coordinación, Construcción, Fases de Construcción, As Built, o de Mantenimiento según sea el requerimiento específico que se le planificó dar en un inicio. Es por esto por lo que es importante identificar el objetivo de este modelo previo a iniciar su desarrollo.
7. **Modelo de Análisis Estructural:** Modelo que permite analizar el sistema estructural de un edificio para determinar con precisión las dimensiones de elementos constructivos y su comportamiento ante esfuerzos sísmicos mediante simulaciones virtuales. También posibilita una optimización de la estructura planteada a través del software de cálculo.

8. **Modelo de Estructura:** Modelo que muestra el diseño estructural del proyecto de arquitectura, cuyos elementos y sus dimensiones responden a un análisis de sus cargas y esfuerzos.
9. **Modelo de Coordinación de Arquitectura con Estructuras:** Modelo el cual incorpora los modelos de arquitectura y estructuras anteriormente mencionados a nivel volumétrico, con el fin de detectar problemas de coordinación geométrica entre disciplinas a modo de corregirlos en conjunto con los proyectistas para prevenir que estos problemas se generen en obra. Este modelo no contiene el nivel de detalle de un modelo de cubicación o uno de construcción, ya que la interacción entre tantos elementos volumétricos disminuye el rendimiento del modelo.
10. **Modelo de Instalaciones:** Modelo que muestra el diseño de trazados y equipos de las distintas instalaciones incorporadas en él acorde a los requerimientos del proyecto de arquitectura. Las principales disciplinas presentes en un proyecto de instalaciones tipo son: Climatización & Extracción, Electricidad e Hidrosanitario; sin embargo, dependiendo de la complejidad del proyecto este puede involucrar muchas más especialidades. Un modelo de especialidad puede contener desde una especialidad en particular diseñada por su respectivo especialista a un conjunto de ellas.
11. **Modelos de obra lineal:** Son modelos que muestran el diseño de vías, caminos, ferrocarriles, drenajes, canales, puentes, túneles etc, se puede extraer información de superficies, y los elementos que la componen cómo alineaciones, nivelaciones, corredores, además de las volumetrías.
12. **Modelo de Obras Exteriores y Pavimentación:** Modelo el cual permite identificar las obras exteriores más importantes del proyecto, identificar empalmes y tránsito en sectores de circulación, y obtener información planimétrica ya sea para tener una representación gráfica 2D del proyecto o para obtener los permisos municipales.
13. **Modelo de Coordinación De Especialidades:** Modelo que incorpora todos los modelos anteriormente mencionados a nivel volumétrico, con el fin de detectar problemas entre los trazados de las especialidades a modo de corregirlos en conjunto con los proyectistas para prevenir que estos problemas se generen en obra. Este modelo no contiene el nivel de detalle de un modelo de cubicación o uno de construcción, ya que la interacción entre tantos elementos volumétricos disminuye el rendimiento del modelo.
14. **Modelo de Fases De Construcción:** Modelo usado por los contratistas, relacionado con la organización de los procesos de producción. Este modelo les sirve para planificar los distintos procesos constructivos y llevar un seguimiento del avance actual de la obra en relación con los tiempos y/o costos estimados inicialmente para cada partida.
15. **Modelo de Cubicación:** Modelo de arquitectura, estructura e instalaciones con mayor desarrollo de detalles, el cual es usado como herramienta para cuantificar elementos constructivos de un proyecto. Este modelo puede incluir los modelos de distintas disciplinas vinculadas como referencia externa. Mediante tablas el modelo

permite determinar la cantidad exacta de elementos constructivos presentes en la totalidad del modelo, ya sea cuantificándolos, midiendo su volumen, área o longitud total según sea el caso.

16. **Modelo de Construcción:** Modelo con mayor desarrollo de detalles, usado como referencia para construir. También puede ser usado como guía a la hora de tomar decisiones respecto a soluciones constructivas complejas.
17. **Modelo As Built:** Modelo que contempla todos los modelos BIM involucrados dentro del proyecto, actualizados durante la etapa de construcción con las respectivas modificaciones efectuadas en obra, para representar un modelo fidedigno con lo construido.
18. **Modelo de Operación y Mantenimiento:** Puesta en marcha del modelo As Built. Cuenta la descripción de todos los equipos mecánicos, eléctricos y trazados de instalaciones. El fin de este modelo es mantener en constante actualización las instalaciones del edificio, mediante una matriz de información que permite añadir datos sobre el ciclo de vida de los equipos o elementos instalados, programando avisos cuando sea necesario el mantenimiento preventivo o la renovación; también permite identificar los componentes en cuanto a sus especificaciones técnicas, de modo de reemplazar los equipos en mal estado acorde a las especificaciones originales de los proyectistas y mantener un registro de las modificaciones realizadas al inmueble

Información del proyecto

Al iniciar los trabajos bajo metodología BIM es comúnmente comentado que el primer paso para iniciar un proyecto es rellenar las informaciones de proyecto. Estas informaciones deben estar descritas de forma estandarizada entre todas las disciplinas. Las principales definiciones previas son:

Título y código de proyecto: Para lograr el correcto flujo de información en el desarrollo del proyecto es necesario compartir información estructurada, sin ambigüedades, siendo el título y código del proyecto una parte importante a definir, ya que los modelos BIM compartirán dicha información. Contar con modelos que cumplen requisitos mínimos de estandarización permite asegurar la disponibilidad de información de manera más eficiente y eliminar pérdidas de tiempo en el proceso.

Localización y sistema de coordenadas: Al principio de cada modelado todos los involucrados en el proceso de modelado deben reunirse para definir cuál será el punto de origen del proyecto. Todos deben seguir el mismo punto de origen. Esta definición es fundamental.

La ubicación del sistema de coordenadas del modelo se documenta empleando al menos dos puntos conocidos. Las coordenadas X e Y para cada punto documentado se mostrarán tanto en el sistema de origen como en el sistema de destino. Otra opción es identificar un punto y su ángulo de rotación, sin embargo, hay que señalar que, especialmente en grandes distancias, el ángulo de rotación suele acarrear imprecisiones, que pueden repercutir en la fase de obra.

Todos los edificios situados en un mismo terreno deben modelarse en el mismo sistema de coordenadas XY. El sistema de coordenadas se fijará y documentará al comienzo del proyecto; no puede modificarse durante el desarrollo del proyecto sin una razón suficientemente justificada. Cualquier cambio deberá ser aprobado por todos los equipos además de por el jefe del proyecto.

Estructuración de los modelos BIM: Para el desarrollo de los modelos es clave que exista un acuerdo entre el solicitante y el proveedor adjudicado acerca de:

- Sistema de subdivisión de los modelos, en caso de ser necesario.
- Estructura general de nomenclaturas y codificación de los modelos.
- Nomenclatura de archivos y carpetas.
- Codificación de documentos.

Actividad: El alumno debe identificar los tipos de modelo que mejor se adaptan a sus necesidades. El alumno debe establecer una estructura general tomando en cuenta los principales aspectos a definir en los trabajos iniciales.

Procesamiento de datos del diseño para iniciar un modelo

Configuración de plataformas tecnológicas

En proceso de Ejecución BEP existe un factor fundamental para el desarrollo de los modelos BIM: las plataformas tecnológicas (softwares). Independiente de lo anterior, será el tipo de proyecto que se desarrollará y las especialidades que lo conformarán, lo que definirá los requerimientos tecnológicos a utilizar.

Con relación a los softwares a utilizar, es importante hacer un análisis de la capacidad productiva de cada aplicación, en cuanto a su capacidad de manejar proyectos que impliquen cargas gráficas considerables, ya sea por niveles de detalles elevados o por gran número de elementos.

En el mercado existe una gran cantidad de softwares diseñados especialmente para modelar utilizando metodologías BIM. Cada uno de estos softwares se ha ido especializando en diferentes aspectos. A continuación, se presenta un listado de los principales tipos de software a considerar para la configuración de plataformas tecnológicas involucradas en desarrollos BIM, en el cual se identifican diversos usos y herramientas de softwares y proveedores que tienen una solución acorde a las diversas necesidades.

Softwares de Modelado BIM

REVIT (Autodesk)

Uno de los más asentados en el mercado. Permite al usuario modelar con objetos paramétricos prediseñados. Su uso en BIM está consolidado y dispone de las herramientas necesarias para el modelado de diseños arquitectónicos, ingeniería y construcción de edificios.

ArchiCAD (Graphisoft)

ArchiCAD permite trabajar con "smart objects" y ha sido uno de los pioneros en BIM, diseñado para generar, no sólo dibujos en 2D sino modelos virtuales completos con toda una base de datos con información constructiva. Cuenta con una gran biblioteca de objetos prediseñados.

Allplan (Nemetschek)

El software BIM más utilizado en Alemania. Buen software para pasar del 2D al 3D, una herramienta CAD orientada a BIM como dice su eslogan. Permite renderizar imágenes de alta calidad con un plugin incorporado "CineRender". Con prestaciones parecidas a ArchiCAD y REVIT, pero con menor uso entre los usuarios.

Aecosim (Bentley Systems)

Es sucesor de Microstation (CAD) enfocado a BIM, que sería algo así como la sucesión de AutoCAD con REVIT. Se utiliza bastante en obra civil, y está orientado a la fase completa del edificio más que a la fase de diseño.

Autodesk Civil 3D

El software de diseño para ingeniería civil Civil 3D® es compatible con BIM permite generar flujos de trabajo más eficaces para el modelado de superficies y carriles, el diseño de emplazamientos, el análisis de aguas pluviales y sanitarias, además de la producción y la documentación de planos, con el software Civil 3D® para ingeniería civil.

Infraworks

Combina y conecta datos para crear, ver, analizar, compartir y administrar información de un modelo de diseño 3D realista dentro de un entorno BIM. Así, facilita el diseño de carreteras, puentes, redes de drenaje, entre otros, en un entorno real, mediante un diseño dinámico, permitiendo diversos análisis de los diseños,

Softwares Visores BIM

BIM 360 (Autodesk)

Se trata de un visor online, con tecnología rica en detalles para poder acceder desde cualquier dispositivo con calidad y fluidez. Compatibilidad con multitud de formatos de CAD y visualización de diseños BIM sin necesidad de instalar ningún software.

BIM Docs

Es visor BIM gratuito y compatible con diferentes softwares, que dispone de los flujos de trabajo BCF. Es muy rápido para abrir cualquier IFC y puede ayudar al usuario a encontrar y visualizar fallos de información, ya que puede filtrar y colorear objetos.

BIMx (Graphisoft)

Es uno de los mejores visores del mercado, tanto en versión móvil como en versión escritorio. Con la tecnología Hyper-Modelo, ofrece una navegación fluida dentro del proyecto de en 2D y 3D. Compatibilidad total con ArchiCAD.

Solibri Model Viewer

Solibri Model Viewer es un software que permite abrir y visualizar todos los archivos IFC y también editados con Solibri Model Checker. Esta herramienta, cuya función principal es compartir información para ahorrar tiempo, dinero y recursos, es de fácil uso y acerca todas las ventajas del BIM a todos aquellos profesionales que deseen operar con él.

Softwares de Planificación de Obra y Medición de Presupuesto

Naviswork (Autodesk)

Permite a los usuarios abrir y combinar los modelos 3D, navegar por ellos en tiempo real y revisar el modelo utilizando un conjunto de herramientas que incluye comentarios, redlining, punto de vista, y mediciones.

SYNCHRO

Ofrece solución para visualizar, analizar, editar y rastrear con precisión todo un proyecto, incluyendo logística y trabajos temporales. Este entorno visual y rico en datos involucra a todos los miembros del equipo en un proceso transparente para optimizar proyectos de construcción. Muy asentado en el mercado.

Arquímedes (CYPE)

Se enlaza con REVIT y es un programa muy completo para el BIM 5D. Da opción a realizar mediciones, presupuestos, certificaciones, pliegos de condiciones, así como el manual de uso y mantenimiento de un edificio.

Presto - Cost It

Puede generar las mediciones completas del modelo, de forma estructurada y con trazabilidad, convertir las mediciones en el presupuesto necesario para valorar o licitar el proyecto y obtener toda información relacionada, como las superficies útiles y construidas, los parámetros relevantes para determinar el precio o la documentación.

Softwares de Gestión Ambiental y Eficiencia Energética

Green Building Studio (Autodesk)

Servicio flexible basado en la nube que le permite ejecutar simulaciones de rendimiento del edificio para optimizar la eficiencia energética al principio del proceso de diseño. Tiene herramientas para diseñar edificios de alto rendimiento en una fracción del tiempo y costo menor que los métodos convencionales.

EcoDesigner (Graphisoft)

Permite al usuario realizar la evaluación del rendimiento energético del edificio con una tecnología que cumple las normativas, con el soporte de múltiples bloques térmicos. Como resultado, los diseñadores pueden hacer cálculos de energía de forma dinámica y precisa desde el mismo principio, durante y hasta el final del proyecto.

CYPETHERM HE

Sirve también para el cálculo de la carga térmica de los edificios de acuerdo con el método de las series temporales radiantes (RTSM), con total integración en un flujo de trabajo BIM.

En los proyectos puede usarse cualquier software BIM, dependiendo de los objetivos que uno desee alcanzar con dicho modelo; sin embargo, es importante considerar la interoperabilidad entre softwares BIM. Existen diversas herramientas o plataformas, cada una de ellas destinada a uno o varios Usos BIM específicos. No hay software que recoja todos los usos y beneficios BIM, por lo que se debe considerar la combinación de distintos softwares para recoger todos los usos esperados.

Los estándares de modelado generalmente estarán definidos por el software elegido durante la planificación ya que cada programa tiene sus propias características y especificaciones.

La persona encargada de configurar lo relacionado a las plataformas tecnológicas debe ser un especialista en dicho software, ya que preparará estándares relacionados a cada herramienta o uso.

Software para captura de datos

Recap

Genera modelos 3D de fotografías o exploraciones láser, como resultado se obtiene una nube de puntos o malla que pueden ser utilizadas en aplicaciones CAD y BIM.

Software para análisis

Vehicle Tracking

Complemento de Civil 3D, permite realizar análisis de las trayectorias vehiculares, además facilita el diseño de estacionamiento basado en los reglamentos locales.

La configuración de las plataformas tecnológicas debe considerar:

1. Investigar los softwares disponibles según los objetivos y usos BIM estipulados.
2. Identificar el software que presente la mejor solución para alcanzar los objetivos estipulados. Es importante considerar los siguientes puntos para tomar la decisión:
 - La utilización de más de un software según el uso requerido.
 - La interoperabilidad entre otros softwares.
 - La compatibilidad con el sistema operacional utilizado por la empresa.
 - La velocidad y capacidad de procesamiento.
 - Los plug-ins disponibles para extender las funcionalidades del software.
 - Las soluciones complementarias al software.
3. Definir y documentar el flujo BIM a seguir a través de los diferentes softwares seleccionados.

4. Definir y documentar el tipo de configuración que requiere cada software seleccionado: estándares, plantillas, flujos de trabajo, formatos de salida, etcétera.

Configuración de plantillas de proyecto

Las primeras etapas de creación de estándares de modelado se ven reflejadas en la plantilla (template) desarrollada por el BIM Manager o el implementador BIM. Este archivo contendrá todos los estándares de modelado, documentación, nomenclatura, representación gráfica, publicación y comunicación descritas o estipuladas en el BEP.

Es un archivo base guardado en el formato de fichero definido por el propio software. Los softwares pueden producir una enorme cantidad de información, con lo cual los estándares definirán la información importante a extraer del modelado, para facilitar su manejo.

Estándares a considerarse en plantillas

Las plantillas deben plasmar el estándar para los siguientes elementos:

- Información del proyecto.
- Localización y norte del proyecto.
- Organización del proyecto según las necesidades o posibilidades de cada software.
- Nomenclatura y codificación de las fases del proyecto.
- Nomenclatura y codificación de las disciplinas que conforman el proyecto.
- Nomenclatura y codificación de las subdisciplinas y/o sistemas.
- Nomenclatura y codificación para categorías y propiedades de los elementos de modelado.
- Nomenclatura y codificación de los materiales de construcción.
- Sistema de unidades y medidas.
- Componentes que conforman la biblioteca.
- Espesores y colores de línea para cada escala.
- Tipos de líneas, tramas y patrones.
- Tipografías.
- Tipos de anotación, etiquetas y flechas.
- Tipos de leyendas.
- Numeración y nomenclatura de vistas de documentación.
- Escalas de documentación.
- Nomenclatura y estándares para listados de materiales y cuantificación.
- Estándares de impresión y publicación.

Cada software tiene sus especificidades, por lo que es importante que el desarrollador de la plantilla sea un experto en dicho software. La plantilla es el documento que permitirá al equipo “dialogar” en base a un mismo “lenguaje”, manteniendo así la coherencia del modelado y la documentación. Es también el archivo responsable de alcanzar la mayor eficiencia y calidad del modelado.

Estándares de diseño (organización de los elementos que se usarán para el modelo)

El término que se usa en BIM para definir los estándares de diseño se conoce como "Sistemas clasificación BIM".

Los modelos BIM poseen potenciales usos; sin embargo, dada la cantidad de elementos que pueden existir en los diferentes archivos, se dificulta la capacidad de identificar cada uno de estos elementos con algún uso u objetivo dentro del entorno construido.

El objetivo de reconocer la funcionalidad está pensado para etapas posteriores de manejo y gestión del activo, esperando lograr sacar el mejor provecho posible a toda la metadata que se encuentra adjunta a cada uno de los elementos, la cual debe estar regida por estándares que aseguren su parametrización, integración adecuada y un lenguaje común.

A nivel internacional, existen diversos sistemas de clasificación para la industria de la construcción, por ejemplo: UniFormat, OmniClass, Uniclass, etc. Todos estos están basados en la norma ISO 12006-2:2015, que fija el marco para la organización de información sobre trabajos de construcción. Dentro del desarrollo de un proyecto se debe seleccionar un sistema de clasificación que debe ser utilizado por todas las partes involucradas durante todo el proceso.

Los sistemas de clasificación cumplen la función de establecer una terminología y una semántica a los elementos, una caracterización de funcionalidad dentro del entorno construido, con el fin de lograr una mejor organización de los elementos del proyecto, toda una librería organizada según su función constructiva y su localización.

Sistemas de clasificación

OmniClass

OmniClass Construction Classification System, denominado OmniClass a secas o OCCS, es un sistema de organización y clasificación para la industria de la construcción. Basado en la clasificación por códigos ordenados en tablas y según la función, forma, fases, etc., de todos los elementos presenten en un proyecto. Creado en EE. UU. y parte fundamental del Estándar Nacional de los Estados Unidos NBS. Tiene como principal objetivo combinar múltiples sistemas de clasificación existentes para muchos temas en un solo sistema de clasificación basado en la ISO 12006-2, la cual hace referencia a la organización de la información sobre obras de construcción, en el marco de la clasificación de la información.

Dentro de los principios de OmniClass, están los siguientes:

- OmniClass es una estándar abierto y extensible, disponible para la industria AEC.
- Promueve un intercambio abierto de información entre los distintos participantes del desarrollo de OmniClass.
- OmniClass está constantemente actualizado y siendo desarrollado con la participación de la industria.
- OmniClass está desarrollado abiertamente para que puedan participar organizaciones como profesionales individuales.

- OmniClass está enfocado en la terminología y practica norteamericana.
- OmniClass es compatible con otros sistemas de clasificación internacionales.

Omniclass consiste en 15 tablas, cada una representa una cara diferente para la información de la construcción. Cada tabla puede ser usada independiente de la clasificación particular del tipo de información.

Las tablas son las siguientes:

- Tabla 11 – Entidades de Construcción por Función (Construction Entities by Function)
- Tabla 12 – Entidades de Construcción por Forma (Construction Entities by Form)
- Tabla 13 – Espacios por Función (Spaces by Function)
- Tabla 14 – Espacios por Forma (Spaces by Form)
- Tabla 21 – Elementos (Elements)
- Tabla 22 – Resultados del trabajo (Work Results)
- Tabla 23 – Productos (Products)
- Tabla 31 – Fases (Phases)
- Tabla 32 – Servicios (Services)
- Tabla 33 – Disciplinas (Disciplines)
- Tabla 34 – Roles Organizacionales (Organizational Roles)
- Tabla 35 – Herramientas (Tools)
- Tabla 36 – Información (Information)
- Tabla 41 – Materiales (Materials)
- Tabla 49 – Propiedades (Properties)

2012 DRAFT OmniClass Table 12 - Construction Entities by Form						
Number	Level 1 Title	Level 2 Title	Level 3 Title	Level 4 Title	Definitions	Alternate Terms:
12.11 00 00	Building				A structure used or intended for supporting or sheltering any use or continuous occupancy.	
12.11 11 00		Low-Rise Building			A building or structure having less than seven stories above ground level and typically not containing an elevator or mechanical lift system.	
12.11 11 14			Low-Rise Free-Standing Building		A building or structure that is fully located within its lot and not supported by any other structure, having less than seven stories above ground level and typically not containing an elevator or mechanical lift system.	
12.11 11 14 11				Low-Rise Free-Standing Point Building	A building or structure with pointed roof or aerial at its top that is fully located within its lot and not supported by any other structure, having less than seven stories above ground level and typically not containing an elevator or mechanical lift system.	
12.11 11 14 15				Low-Rise Free-Standing Slab Building	A building or structure with a largely rectangular shape and flat roof that is fully located within its lot and not supported by any other structure, having less than seven stories above ground level and typically not containing an elevator or mechanical lift system.	
12.11 11 14 19				Low-Rise Free-Standing Helical Building	A building or structure composed of spiral-shaped or curved surfaces representing a geometrical system of fields that is fully located within its lot and not supported by any other structure, having less than seven stories above ground level and typically not containing an elevator or mechanical lift system.	
12.11 11 14 23				Low-Rise Free-Standing Organic Building	A building or structure composed chiefly of wavy lines and curved shapes that suggest natural forms. concrete, cantilever trusses, and swooping arches without visible beams or pillars are often employed that is fully located within its lot and not supported by any other structure, having less than seven stories above ground level and typically not containing an elevator or mechanical lift system. An Organic structure is generally not linear or rigidly geometric.	

OmniClass Number	OmniClass Title
11.11.00.00	Assembly Facility
11.11.11.00	Convention and Exhibition Facility
11.11.11.11	Convention Center
11.11.11.17	Conference Facility
11.11.14.00	Meeting Facility
11.11.14.11	Club or Organization Building
11.11.14.14	Ceremonial Hall
11.11.21.00	Entertainment Assembly Facility
11.11.21.11	Cinema
11.11.21.17	Performing Arts Facility
11.11.21.17.11	Auditorium and Theater Facility
11.11.21.17.14	Outdoor Theater
11.11.21.21	Casino
11.11.21.22	Theme Park
11.11.21.23	Fair or Circus Ground
11.11.21.24	Race Track
11.11.21.24.11	Horse Racing Track
11.11.21.24.14	Dog Racing Track
11.11.21.24.17	Automobile Racing Track
11.11.21.27	Arena
11.12.00.00	Education Facility
11.12.11.00	Daycare or Preschool Facility
11.12.11.11	Daycare Facility
11.12.11.14	Preschool Facility
11.12.21.00	K through 12 Learning Facility

<https://www.csiresources.org/standards/omniclass>

Uniclass

The Unified Classification for the Construction Industry o Sistema de Clasificación para la Industria de la Construcción, fue desarrollado en el Reino Unido. Es el equivalente al Omniclass. Publicado en 1997, promueve la clasificación de la información de un proyecto de manera estructurada, basada en los parámetros de la ISO 12006-2 y ISO/PAS 12006-3. El comité de desarrollo de Omniclass siempre estuvo en contacto con el comité de desarrollo del Uniclass, lo que permitió que se adaptaran ciertos puntos de la base Omniclass para Uniclass, permitiendo referenciar en un futuro a dicho documento de origen estadounidense.

Al igual que Omniclass, este sistema de clasificación establece tablas que contienen los códigos para la clasificación por fases ordenadas según el alfabeto. Dentro de cada tabla se encontrarán las fases y dentro de cada fase ordenados por escala decimal de 6 dígitos. La tabla G, J, K y L pueden ser usadas para la clasificación de modelos de productos.

Las tablas son las siguientes:

- Co – Complexes (Complejos)
- En – Entities (Entidades)
- Ac – Activities (Actividades)
- SL – Spaces / Locations (Espacios / Ubicaciones)
- EF – Elements / Functions (Elementos / Funciones)
- Ss – Systems (Sistemas)
- Pr – Products (Productos)
- TE – Tools and Equipment (Herramientas y Equipo)
- PM – Project Management (Gestión de Proyectos)
- Zz – CAD
- F1 – Form of Information (Forma de información)

Code	Group	Sub gro	Section	Object	Title	NBS Code	NRM
Co_20	20				Administrative, commercial and protective service complexes		
Co_20_10	20	10			Legislative complexes		
Co_20_10_60	20	10	60		Governmental complexes		
Co_20_15	20	15			Administrative complexes		
Co_20_15_08	20	15	08		Business parks		
Co_20_15_58	20	15	58		Office complexes		
Co_20_20	20	20			Secular representative complexes		
Co_20_20_15	20	20	15		Complexes for representatives of nation states abroad		
Co_20_20_40	20	20	40		Local government complexes		
Co_20_20_50	20	20	50		National government complexes		
Co_20_20_70	20	20	70		Regional government complexes		
Co_20_45	20	45			Motor vehicle maintenance and fuelling complexes		
Co_20_45_50	20	45	50		Motor vehicle fuelling and charging stations		
Co_20_45_54	20	45	54		Motor vehicle servicing complexes		
Co_20_50	20	50			Commercial complexes		
Co_20_50_05	20	50	05		Auction complexes		
Co_20_50_50	20	50	50		Market complexes		
Co_20_50_53	20	50	53		Mixed use complexes		
Co_20_50_60	20	50	60		Parade of shops		
Co_20_50_71	20	50	71		Retail parks		
Co_20_50_78	20	50	78		Shopping complexes		
Co_20_50_94	20	50	94		Vehicle sales complexes		

<https://www.thenbs.com/our-tools/uniclass-2015>

UniFormat

Publicado en 1998 y desarrollado por ASTM International (anteriormente conocida como American Society for Testing and Materials), junto a CSI (Construction Specifications Institute) y la CSC (Construction Specifications Canada), corresponde a un estándar para la clasificación de especificaciones, estimación de costos y análisis de gasto energético en EE. UU y Canadá. Es un método estandarizado que ordena la información de construcción, organizando mediante partes físicas llamados sistemas y ensamblajes. Estos sistemas o ensamblajes están caracterizados por su función, sin identificar su solución técnica o de diseño.

Características de UniFormat:

1. UniFormat provee un orden mediante niveles, consistente de los elementos de un proyecto, para la evaluación de los distintos proyectos de una construcción. Los niveles son los siguientes:
2. Nivel 1: Categoriza en diferentes clases de información, separados por categorías bajo conceptos que la componen.

- A Substructure
- B Shell
- C Interiors
- D Services
- E Equipment and Furnishings
- F Special Construction and Demolition
- G Building Sitework
- Z General

3. Nivel 2: Clasifica la información de estas clases y las ordena manteniendo la letra del nivel 1, agregando un numero de dos dígitos que especifica a que corresponde.
4. Nivel 3 y 4: Agregan un punto decimal, conforman un código alfanumérico designado para determinar clases y subclases dentro del nivel 2 de información.

A	SUBSTRUCTURE	Level 1
A10	Foundations	Level 2
A1010	Standard Foundations	Level 3
A1010.10	Wall Foundations	Level 4

<https://www.csiresources.org/standards/uniformat>

MasterFormat

MasterFormat es el estándar de escritura de especificaciones para la mayoría de los proyectos de diseño y construcción de edificios comerciales en América del Norte. Enumera los títulos y los números de sección para organizar los datos sobre los requisitos de construcción, productos y actividades. Al estandarizar dicha información, MasterFormat facilita la comunicación entre arquitectos, especificadores, contratistas y proveedores, lo que les ayuda a cumplir con los requisitos, plazos y presupuestos de los propietarios de edificios.

Publicado en 1975 por CSI (Construction Specifications Institute), y la CSC (Construction Specifications Canada) MasterFormat proporciona una lista numérica de divisiones y secciones para organizar la información sobre los requerimientos de los recintos, asociados a actividades.

00 00 00	Procurement and Contracting Requirements
00 01 01	Project Title Page
00 01 03	Project Directory
00 01 05	Certifications Page
00 01 07	Seals Page
00 01 10	Table of Contents
00 01 15	List of Drawing Sheets
00 01 20	List of Schedules
00 10 00	Solicitation
00 11 00	Advertisements and Invitations
00 11 13	Advertisement for Bids
00 11 15	Advertisement for Prequalification of Bidders
00 11 16	Invitation to Bid
00 11 19	Request for Proposal
00 11 53	Request for Qualifications
00 20 00	Instructions for Procurement
00 21 00	Instructions
00 21 13	Instructions to Bidders
00 21 16	Instructions to Proposers
00 22 00	Supplementary Instructions
00 22 13	Supplementary Instructions to Bidders
00 22 16	Supplementary Instructions to Proposers
00 23 00	Procurement Definitions
00 24 00	Procurement Scopes

<https://www.csiresources.org/standards/masterformat>

AIA CAD Layer (U.S. National CAD Standard)

Prácticamente todos los sistemas CAD basados en vectores admiten el concepto de capas. Esta función permite que información del diseño se organice de manera sistemática y facilita la presentación visual. El uso eficiente de capas puede reducir el tiempo de preparación de los documentos y mejorar la coordinación. La organización de los datos por capas, permite a un Archivo CAD contener una gran cantidad de información sobre una instalación. Activando y desactivando capas, los datos se pueden crear, revisar y editar de acuerdo con una jerarquía que simula la organización física de los sistemas de construcción, la posición relativa de los elementos de construcción, o la secuencia de construcción.

Civil Discipline Designators

Designator	Description	New
C	Civil	
CD	Civil Demolition	
CS	Civil Site	
CG	Civil Grading	
CP	Civil Paving	
CI	Civil Improvements	
CT	Civil Transportation	
CU	Civil Utilities	
CJ	User-Defined	
CK	User-Defined	

Para el caso de los proyectos de infraestructura, en los códigos de campo civil, los nombres de capa proporcionan ejemplos para el uso de grupos mayores (principales) y menores (secundarios) según la disciplina, estos grupos contienen 4 caracteres.

Grupo principal: El grupo principal es un campo de cuatro caracteres que identifica un sistema de construcción principal. Los códigos de campo del grupo principal (abreviaturas de cuatro caracteres) que se muestran en la lista de capas son lógicamente agrupados bajo disciplina específicas. Ejemplo, el grupo mayor está marcado:

C	-	T	O	P	O
---	---	---	---	---	---

Grupo menor: Este es un campo opcional de cuatro caracteres para definir mejor los grupos principales.

C	-	T	O	P	O	-	M	A	J	R
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Opcionalmente, se puede crear un segundo grupo menor para una mayor delimitación de los datos contenidos en una capa.

La Disciplina Civil se define como un proyecto o una parte de un proyecto que generalmente está contenido dentro de un límite de propiedad único. La selección al

designar la disciplina civil o de obras civiles queda a discreción del usuario, pero generalmente debe usarse para distinguir proyectos en términos de escala.

Layer Name	Description	New
Civil (continued)		
CD-STRM-PIPE-CMTL	Storm sewer: piping: corrugated metal	
CD-STRM-PROF	Storm sewer: profile	
CD-STRM-STAN	Storm sewer: stationing	
CD-STRM-STRC	Storm sewer: structures	
CD-STRM-UNDR	Storm sewer: underground piping	
CD-SWLK	Sidewalks	
CD-SWLK-ASPH	Sidewalks: asphalt	
CD-SWLK-CONC	Sidewalks: concrete	
CD-TINN	Triangulated irregular network	
CD-TINN-BNDY	Triangulated irregular network: boundary	
CD-TINN-FALT	Triangulated irregular network: fault / break lines	
CD-TINN-VIEW	Triangulated irregular network: triangulation	
CD-TINN-VOID	Triangulated irregular network: void regions	
CD-TOPO	Topography	
CD-TOPO-BORE	Topography: test borings	
CD-TOPO-DEPR	Topography: depression contours	
CD-TOPO-MAJR	Topography: major contours	
CD-TOPO-MINR	Topography: minor contours	
CD-TOPO-SPOT	Topography: spot elevations	
CD-TOPO-TPIT	Topography: test pits	
CD-TRAL	Trails or paths	
CD-TRAL-ASPH	Trails or paths: asphalt surface	
CD-TRAL-GRVL	Trails or paths: gravel surface	
CD-TRAL-MRKG	Trails or paths: pavement markings	

Layer Name	Description	New
Civil (continued)		
CD-TRAL-CONC	Trails or paths: concrete surface	
CD-TRAL-SIGN	Trails or paths: signs	
CD-TRAL-UPVD	Trails or paths: unpaved surface	
CD-WALL	Walls	
CD-WALL-SHEA	Walls: structural bearing or shear walls	
CD-WALL-CTLJ	Walls: control joints	
CD-WALL-NSBR	Walls: noise barrier	
CD-WALL-RTWL	Walls: retaining	
CD-WATR	Water supply systems	
CD-WATR-DIAG	Water supply systems: plan diagram	
CD-WATR-INST	Water supply systems: instrumentation (meters, valves, etc.)	
CD-WATR-PIPE	Water supply systems: piping	
CD-WATR-PROF	Water supply systems: profile	
CD-WATR-STAN	Water supply systems: stationing	
CD-WATR-STRC	Water supply systems: structures	
CD-WATR-UNDR	Water supply systems: underground piping	
CD-WATR-WELL	Water supply systems: well	
CD-WETL	Wetlands	

Integración y coordinación de modelos

Los softwares de coordinación se caracterizan por generar una comunicación entre los diversos tipos de modelos 3D, ya que recopilan toda la información modelada en un único ambiente para facilitarle al coordinador la identificación y los procesos de documentación de los problemas del proyecto entre cada disciplina. Estos problemas podrían estar relacionados al diseño, codificación, nomenclatura de la información, revisiones y falta de revisiones, responsables por la información, entre otros.

Dentro de los procesos de integración y coordinación de modelos existe una figura o rol BIM encargado de la correcta ejecución de estos: el Coordinador BIM.

En esta etapa, el coordinador BIM debe auxiliarse de plataformas tecnológicas que le permitan:

- Hay que asegurar que los modelos BIM están desarrollándose con la comunicación adecuada.
- Hay que asegurar que los modelos BIM están cumpliendo los estándares estipulados en el BEP.
- Gestionar los avances referentes a actividades de modelado para asegurar el cumplimiento de las fechas de entrega de los proyectos.
- Identificar problemas en el diseño y/o desarrollo del proyecto.

Existen distintas maneras de unir la información de los modelos generados por los diversos actores del proyecto. Por esto, se debe seleccionar una de las siguientes estrategias de consolidación, que debe ser conocida y utilizada a lo largo de todo el desarrollo del proyecto:

- **Modelo BIM Federado:** Modelo creado a partir de información contenida en archivos separados. Esta información puede provenir de distintos actores.
- **Modelo BIM Integrado:** Modelo compuesto por la información de las distintas disciplinas del proyecto, contenida en una única base de datos.

Diseño compartido

Para el correcto desarrollo del proyecto es clave que existan métodos establecidos y conocidos por todos, tanto para la gestión de la información como para su intercambio. Estos métodos deben estar apoyados por plataformas habilitantes que faciliten la comunicación y permitan tener trazabilidad de la información y de la toma de decisiones del proyecto. Para esto debe existir un ambiente de colaboración en las distintas etapas del ciclo de vida de los activos. Éste debe permitir que los actores del proyecto accedan a la información para realizar sus diferentes funciones y puede ser implementado de diferentes maneras según el nivel de madurez de los involucrados en el proyecto. Este ambiente se conoce CDE por sus siglas en inglés (Common Data Environment).

El CDE permite tener una fuente única de información para recopilar, gestionar y difundir documentos y modelos entre los actores del proyecto, a través de un proceso estandarizado. Un CDE generalmente contiene un sistema de gestión documental que facilita la transferencia de información entre los actores de un proyecto. Además, debe considerar la seguridad y la calidad de la información. La norma ISO 19650-1:2018 indica que la información de un proyecto puede estar localizada en múltiples ubicaciones y el CDE permite que el flujo de trabajo esté distribuido en diferentes sistemas informáticos o plataformas tecnológicas. Esto quiere decir, que el CDE puede estar conformado por una plataforma o por la suma de distintos sistemas que permitan colaborar, gestionar, registrar y dar trazabilidad a la información transferida entre los actores. A continuación, se indican las condiciones que deben considerar estos sistemas:

- **Plataforma de colaboración:** Esta plataforma debe permitir trabajar con información unificada y centralizada, siguiendo la estrategia de consolidación seleccionada (modelos federados o integrados), administrando y respaldando los modelos BIM de manera segura.
- **Plataforma de gestión documental:** Esta plataforma debe permitir el control de los procesos de intercambio de documentación y modelos BIM, gestionando los cambios y haciendo el seguimiento de los costos y tiempos del proyecto.
- **Formato de requerimientos de información y colaboración:** Los comentarios, incidencias y revisiones de los modelos BIM deben realizarse a través de formatos que permitan el registro y trazabilidad de éstos.

A nivel internacional, las normas ISO 19650 parte 1 y 2 estandarizan la estructura del CDE, definiendo cuatro estatus para los archivos alojados en el CDE:

- **Trabajo en progreso:** El estado Trabajo en curso se usa para la información que está desarrollando un equipo. Por lo tanto, contiene documentos de trabajo, por disciplina, no validados ni verificados en el conjunto del proyecto, tales como esquemas, conceptos en desarrollo y modelos parciales, es decir, se utiliza para contener información no aprobada.
Los contenedores de información en este estado no deben ser visibles ni accesibles por otros equipos de trabajo. Debes tenerlo muy en cuenta si la solución de CDE se implementa a través de un sistema compartido (en la nube o similar)
- **Compartido:** La finalidad del estado COMPARTIDO es permitir el desarrollo colaborativo del modelo de información.
Así, en esta área del CDE, los equipos comparten información entre sí y contiene por lo tanto datos aprobados por el coordinador BIM de cada disciplina y aptos para ser usados por otros equipos para coordinarla con su información.
La información COMPARTIDA debe ser visible y accesible por todos, pero no editable. Si se requiere la edición de un contenedor de información se debe devolver al estado Trabajo en curso para que su autor pueda editarlo y enviarlo de nuevo.
- **Publicado:** El estado PUBLICADO se utiliza para información que ha sido autorizada para su uso. Así, esta área lo alimenta el Cliente con información verificada y autorizada por el BIM Project Manager de su organización
- **Archivado:** Se utiliza para material en desuso o reemplazado, además de para el alojar el modelo As built.

Los datos e información pueden existir en los cuatro estados anteriores, dependiendo de su desarrollo.

Independiente del software BIM que se defina como CDE, es necesario considerar que, para lograr un intercambio exitoso de información entre programas, es necesario que su versión sea compatible con la totalidad de softwares BIM que serán usados durante el proyecto.

Finalmente cabe destacar que para que en el desarrollo del proyecto se aproveche, debe darse un diseño compartido y adecuado de los modelos y/o de la información del proyecto, y no debe pensarse en el uso exclusivo de la misma, ya que la idea principal de BIM es la colaboración entre profesionales, para que la información llegue eficientemente y en su totalidad.

Exportación de archivos

Para mantener la comunicación y la colaboración es necesario definir qué tipos de ficheros de archivos se intercambiarán para cada actividad necesaria. Por ejemplo, para la aprobación de los planos de ingenierías, el ingeniero a cargo debe enviar los planos en formato PDF al arquitecto, pero durante el diseño el mismo ingeniero debe compartir un modelo IFC al coordinador BIM para que este pueda detectar interferencias entre las disciplinas.

Los formatos comunes son:

- PDF
- DWG
- IFC
- Formatos de fichero propiedad de cada software o plataforma tecnológica

El BEP define los estándares de formato que serán utilizados a lo largo del proyecto, los cuales facilitarán que el equipo exporte el fichero adecuado conforme a cada etapa de comunicación.

En este punto es importante considerar formatos que faciliten la interoperabilidad entre softwares BIM. La mayoría de las plataformas poseen la opción de la exportación a un formato universal denominado formato IFC (Industry Foundation Clases), el cual permite el intercambio de información de un software a otro, estableciendo así un lenguaje común para los distintos modelos de un proyecto.

Acceso a plataformas colaborativas en la nube

La disposición de los archivos y documentos en cualquier momento permite un mejor intercambio de archivos entre los diferentes colaboradores que conforman el proyecto. Almacenar los archivos en plataformas tecnológicas basadas en nubes facilita los procesos y flujos de comunicación.

Una plataforma de colaboración BIM basada en servicios de nube debe ser capaz de respaldar profesionales del mundo de la arquitectura, ingeniería y construcción en general, para crear y administrar correctamente modelos BIM bajo cada aspecto especializado. Para comprender su utilidad, también es necesario que dicha plataforma de colaboración BIM sea fácil de usar y, por lo tanto, sea accesible para todos.

Existen diversos tipos de servicio de nube, algunos dispuestos por los propios proveedores de softwares BIM y otros más conocidos como: Google Drive, OneDrive, Dropbox, etc. Independientemente de la plataforma seleccionada, se recomienda el desarrollo de una carpeta archivada en la nube que cuente con la aplicación de permisos a cada perfil de usuario, esto con el fin de evitar problemas no deseados relacionados con la información del proyecto.

Los principales beneficios obtenidos al utilizar este tipo de herramientas son:

- Flujos de trabajo más eficientes y precisos.
- Mayor control sobre la información del proyecto.
- Mejoras en la interoperabilidad.
- Reducción de costos al disminuir el número de errores durante la fase de ejecución del proyecto.

Funciones de colaboración con plataformas de nube

La principal función de este tipo de plataformas es: el trabajo colaborativo, el cual se define como la gestión de la información generada en el desarrollo de un proyecto a través de un entorno común, de manera que permita el intercambio de datos a través de un espacio digital único, ofreciendo la posibilidad de que todos los agentes implicados en un proyecto puedan trabajar a la vez o acceder a la información en cualquier momento, independientemente de su ubicación.

Algunas otras funciones con las que pueden contar estas plataformas son:

- Administración simplificada del proyecto.
- Gestión de permisos acordes a cada perfil de usuario involucrado en el proyecto.
- Intercambio de datos y uso compartido de archivos.
- Visualización de modelos 3D.
- Integración de modelos.
- Coordinación de modelos.
- Comparación de datos.
- Almacenamiento y gestión de la documentación.
- Coordinación de entregables.
- Análisis de la información.
- Generación de reportes.
- Acceso a través de dispositivos móviles.

Integración de modelos en la nube

La integración en la nube permite la accesibilidad total para garantizar que la información esté disponible en todos los dispositivos, lo que genera ahorro de tiempo y costes en todos los ámbitos.

Dentro de la cartera de soluciones que ofrecen los diferentes proveedores se puede observar que los procesos de integración de modelos BIM en la nube se lleva a cabo gracias al formato IFC, ya que es el formato estándar dentro de la industria. A través de este formato los usuarios pueden importar archivos desde ArchiCad, Revit o Tekla, asegurando que los datos de una amplia gama de fuentes pueden incluirse en el proyecto integrado.

Colaboración entre equipos del proyecto

Análisis de información

El flujo de trabajo BIM fomenta la colaboración entre los agentes participantes de un proyecto durante todo su ciclo de vida, y permite que todos los actores involucrados se enfoquen en obtener beneficios compartidos de las tareas que se realizan. Esto apunta a que la generación de información sea coordinada independiente del proceso o la forma de contrato. Para lograr el trabajo colaborativo es necesario que los distintos actores del proyecto generen información utilizando procesos estandarizados y métodos de comunicación establecidos que garanticen la calidad.

Dentro de la metodología BIM, es importante comprender los llamados “Estados de Avance de la Información”, ya que estos permiten analizar los datos contenidos o generados a través de las distintas fases consecutivas en los modelos BIM, y están vinculados directamente al progreso en el tiempo del proyecto.

Los estados de avance de la información están agrupados en cuatro fases: Planificación, Diseño, Construcción y Operación.

Información de Planificación

Diseño Conceptual: Fase inicial del proceso de diseño, en la cual, a partir de las especificaciones, requisitos y necesidades del solicitante, se establece el conjunto de tareas necesarias para obtener una solución al problema planteado.

Información de Diseño

- **Diseño de Anteproyecto:** Fase temprana del proceso de diseño, en la que se establecen los criterios generales de un proyecto, considerando los requerimientos y restricciones del solicitante, tales como normativos y legales. Información inicial, que puede ser estimativa, acerca de área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos generales.
- **Diseño Básico:** Fase en la que se preparan los criterios y especificaciones generales de los sistemas que considera el proyecto. Información básica del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación de los sistemas y elementos generales y su ensamblaje.
- **Diseño de Detalle:** Fase en la que se elabora la documentación específica de cada elemento del proyecto, mediante una descripción completa de la información necesaria para la fabricación y/o construcción de éstos. Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación que sea relevante para el montaje de los elementos.

Información de Construcción

- **Coordinación de Construcción:** Fase en la que se planifica el conjunto de actividades a ejecutar de un trabajo de construcción, ordenándolo de la manera más eficiente posible y planificando todas las acciones para su ejecución.

Información detallada y coordinada respecto del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación e interacción entre los sistemas de construcción y sus elementos de montaje específico.

- **Construcción, Manufactura y Montaje:** Fase de ejecución de las actividades planificadas en el terreno o fuera de él, que inicia las tareas de fabricación, tanto manuales como industrializadas. Información detallada de la fabricación y montaje, considerando el tamaño, localización, cantidad, orientación e interacción entre los elementos.
- **As-Built:** Fase en la que se registra el proyecto tal como se ha construido realmente en el lugar, incluyendo los cambios de diseño ocurridos en el curso del trabajo. En esta fase se realiza la entrega de la información de la construcción, concluyendo el contrato de ésta. Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación y de la puesta en marcha de los elementos construidos.

Información de Operación

- **Puesta en Marcha:** Fase en la que se llevan a cabo las actividades de traspaso del activo al cliente, incluyendo también la información para el uso de ésta como, por ejemplo, las garantías de los equipos instalados. Esta información sirve también para el desarrollo de eventuales proyectos de remodelación o ampliación. Esta fase considera las pruebas de funcionamiento del activo.
- **Gestión y Mantenimiento del Activo:** Fase en la que se ejecutan las tareas de mantenimiento de acuerdo con el programa de servicios del activo. Esto incluye las actividades enumeradas en la estrategia de traspaso, la evaluación posterior a la ocupación y la revisión de desempeño del proyecto.

Los estados de avance de la información permiten definir las entregas del proyecto, al mismo tiempo que establecen el avance de la información que deben contener los modelos entregados. Lo anterior contribuye a establecer flujos de análisis de información más eficientes, así como a obtener una mejor previsibilidad del grado de desarrollo del proyecto. Se debe tener en cuenta que los niveles de información requeridos tienen que ser coherentes con el grado de avance del proyecto. Por ejemplo, en la etapa de diseño, cuando se está desarrollando el anteproyecto o el diseño de detalle, no se puede requerir información sobre fechas de garantías o programas de mantenimiento, ya que esa información aún no existe.

Es importante aclarar que una entrega para análisis de información puede incorporar modelos en distintos estados de avance. Por ejemplo, en una primera entrega se podría requerir sólo el modelo de arquitectura en estado de diseño de anteproyecto. Luego, en la segunda entrega ese modelo podría solicitarse en estado de diseño básico, mientras que el modelo de estructura, que comienza a desarrollarse posteriormente al de arquitectura, podría entregarse en estado de diseño de anteproyecto. En la tercera entrega los modelos de arquitectura y estructura podrían estar en un estado de diseño básico, y sin embargo los modelos de instalaciones, al ser modelos que se inician después que los anteriores, podrían estar recién en estado de diseño de anteproyecto.

Comparación de datos

El seguimiento de las múltiples iteraciones de documentos y visualización de ediciones de una versión a otra puede llevar mucho tiempo, es por ello por lo que es importante tomar en cuenta el uso de plataformas tecnológicas que permitan la comparación de documentos y control de versiones, para que los equipos puedan asegurarse de que están viendo la última versión y comparar rápidamente una versión con la siguiente para obtener información sobre cómo los cambios impactan el alcance, el cronograma y el presupuesto.

La habilidad de los equipos para conceptualizar los cambios al instante ayuda a minimizar retrabajos y a maximizar los tiempos.

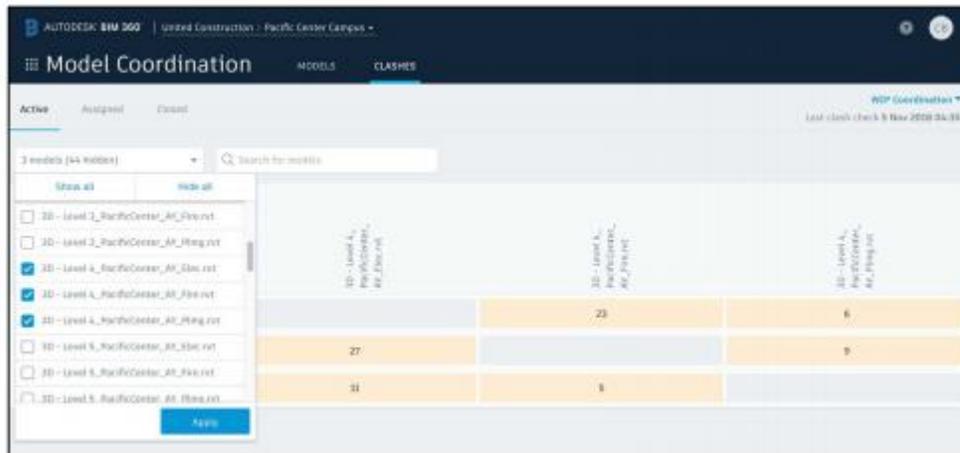
Revisión de interferencias

La coordinación del modelo permite la proactividad y el compromiso de equipos multidisciplinarios, ayudando a optimizar el diseño para reducir errores y desperdicios durante la construcción.

La detección de interferencias proporciona visibilidad continua de los posibles problemas de construcción antes de que se conviertan en problemas en la ejecución en campo.

Los procesos de revisión de interferencias pueden ejecutarse a través de un documento que identifique los conflictos o colisiones entre los diferentes modelados de las diferentes disciplinas. Dichos documentos generalmente cuentan con una matriz de interferencias, así como con informes sobre los conflictos detectados. La documentación de los conflictos puede realizarse de forma manual o a través de algún software que ofrezca una herramienta específica de verificación y corrección de estos conflictos.

C1 (EST X ARQ)		ARQUITECTURA						
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	
		Muros	Cubiertas	Puertas	Ventanas	Escaleras	Mobiliario	
ESTRU.	Forjados	S1	S1.A1	S1.A2	S1.A3	S1.A4	S1.A5	S1.A6
	Estructura	S2	S2.A1	S2.A2	S2.A3	S2.A4	S2.A5	S2.A6
	Cimentación	S3	S3.A1	S3.A2	S3.A3	S3.A4	S3.A5	S3.A6



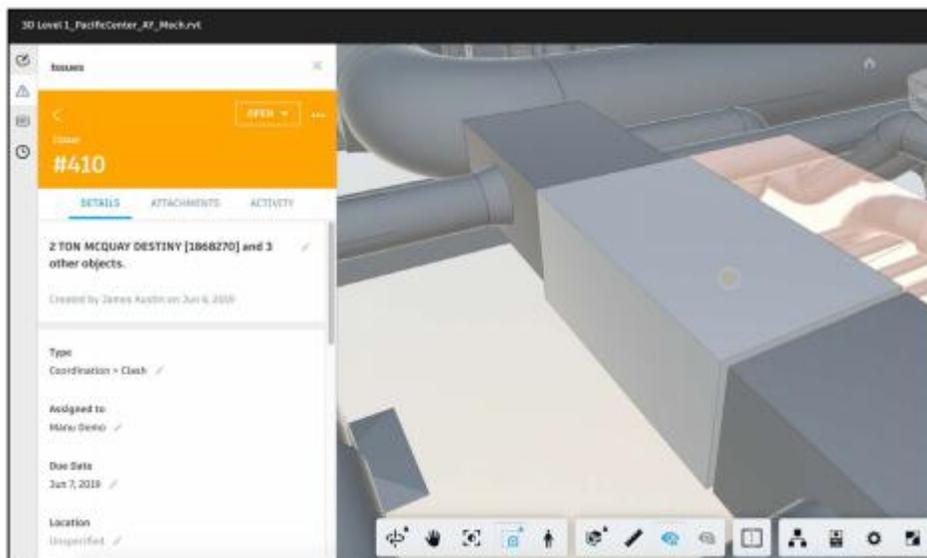
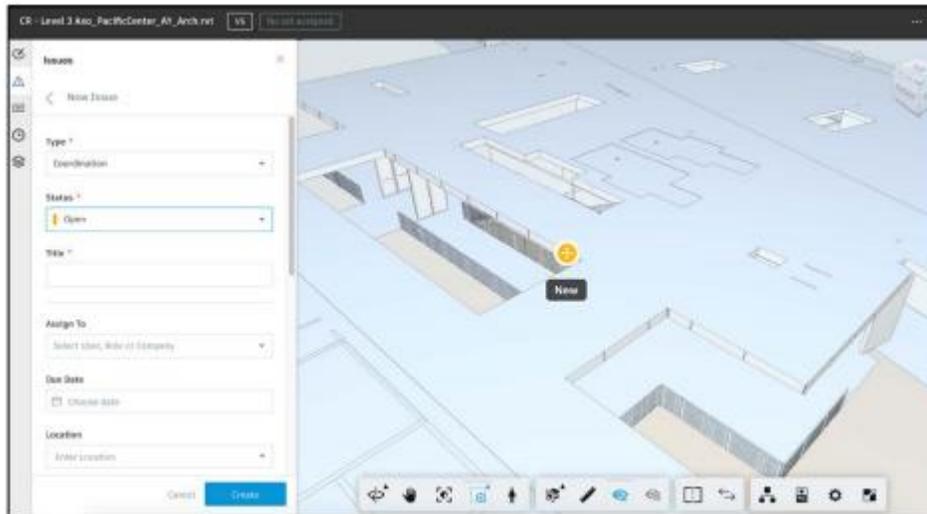
Procedimientos para resolución de conflictos

El BEP debe definir fechas de reuniones, entre todos los equipos, durante todo el ciclo de vida del proyecto para: revisar en qué estado se encuentra cada colaborador, revisar qué problemas hay que resolver, visualizar la cualidad y control de cada subdivisión de trabajo que define el proyecto y tomar acciones para aplicar mayor fuerza de trabajo en aquellos puntos retrasados.

Los elementos importantes que debe cubrir una sesión para resolución de conflictos son:

- Invitar a las personas correctas (aquellas que puedan tomar decisiones sobre el proyecto).
- Involucrar a todas las áreas que forman parte del desarrollo del proyecto.
- Los datos utilizados durante la sesión deben ser precisos y concretos; es decir, se deben presentar únicamente imágenes del modelo, imágenes de nubes de puntos, fotografías, órdenes de cambio o requerimientos de información que muestren sólo el conflicto a discutir.
- Dar seguimiento de conflictos anteriormente detectados.
- Informar sobre nuevos conflictos.
- Crear acciones y asignar responsables para atender los nuevos conflictos. En este punto es importante recordar el nivel de prioridad de los conflictos.
- Documentar los acuerdos, asignaciones y responsabilidades generadas durante la sesión.

Sin embargo, en ocasiones, las sesiones calendarizadas no son suficientes, por lo tanto, es importante tomar en cuenta que los equipos de trabajo deben estar listos para identificar y comunicar áreas de preocupación dentro del proyecto en cualquier momento del ciclo de vida o desarrollo de este. Actualmente existen diversas plataformas colaborativas que permiten, a través de diversas herramientas, analizar los conflictos previamente detectados para tomar las acciones que correspondan, al mismo tiempo que permiten la gestión y control de responsabilidades sobre las actividades o tareas a ejecutar.



Generar informes de cuantificación

En la metodología BIM, la estimación de cantidades y costos se realiza mediante la extracción de cantidades de componentes y materiales del proyecto en sus distintas etapas, siendo más eficiente desarrollarlo en el estado de avance de información adecuado. Esto permite prevenir posibles costos y tiempos adicionales por errores y/o modificaciones al proyecto.

Se sugiere que la generación de informes de cuantificación se realice mediante softwares de estimación de costos basado en modelos BIM y hardware apto para procesar los modelos y/o datos BIM. Lo anterior aunado a un equipo de trabajo que cuente con experiencia o conocimiento en: cuantificaciones y estimaciones de proyectos, diseño y construcción, estándares y normativas aplicables y sistemas y métodos constructivos.

Llevar control de calidad del proyecto

Revisión de integridad de modelos

El proceso de revisión de integridad de los modelos BIM debe concentrarse en la fusión y coordinación de los modelos individuales anteriormente auditados por cada diseñador, y reportar potenciales peticiones de cambios.

Esta puede ser una tarea para el coordinador BIM o el encargado general del proyecto. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que no es su tarea el corregir los diseños individuales, sino buscar soluciones a problemas potenciales y señalar lo que cada diseñador debe arreglar.

Dentro de las tareas que deben ejecutarse en esta etapa de revisión podemos encontrar:

- Reunir los modelos de cada diseñador en uno o más archivos fusionados de BIM.
- Asegurar que los modelos individuales se encuentran en la misma versión y etapa, y que son comparables en este sentido.
- Revisar los reportes de auditoría hechos por los diseñadores.
- Verificar la correcta ubicación (puntos de coordenadas) de los archivos independientes.
- Comparar entre ellos los modelos arquitectónicos y estructurales, y verificar que los elementos estructurales de carga están igualmente ubicados.
- Llevar a cabo la detección de conflictos entre los modelos MEP y los modelos arquitectónicos, haciendo énfasis en la coordinación espacial. Llevar a cabo la detección de conflictos entre los modelos MEP y los modelos estructurales, haciendo énfasis en las discrepancias entre estructuras y componentes MEP, incluyendo los vacíos requeridos.
- Revisar los documentos producidos desde los modelos BIM originales, especialmente cuando los documentos serán entregados al banco de datos del proyecto. En caso de que los documentos necesiten correcciones y la información venga de los modelos originales, las correcciones correspondientes deben hacerse en estos últimos.

Revisión de cumplimiento de estándares

Una vez terminado cada entregable definido en el BEP o según la frecuencia definida por la empresa, se deberá aplicar el proceso de control de calidad del modelado y de la gestión desarrollada hasta la etapa en cuestión. Este proceso de auditoría garantizará que los estándares y procesos definidos en la hoja de ruta, en la planificación de implementación y principalmente en la ejecución del proyecto se alcancen de manera satisfactoria.

La revisión de cumplimiento de estándares es una tarea que tiene diferentes pasos, incluyendo el auto examen realizado por el diseñador, el chequeo coordinado por todos los diseñadores como grupo, y el aseguramiento de calidad de los clientes (o alguna subcontratada por ellos). Todos ellos tienen un propósito específico.

Llevar a cabo un diseño de alta calidad es más sencillo cuando la calidad es tomada en cuenta constantemente. Cada diseñador debe asegurar la calidad de su diseño de manera regular, de acuerdo con su propio procedimiento para ello y los estándares establecidos en el BEP. El diseñador desempeña un rol clave, ya que su función es brindar calidad a los diseños, especialmente en archivos BIM, con el cumplimiento de los requisitos de campo específicos del diseño. El diseñador es el único responsable de esto; ninguna otra persona puede hacer esto por él.

Generalmente el diseñador realiza una revisión a través de la cual verifica la exactitud de la información contenida en el archivo BIM. Para determinar la exactitud de cualquier información, debe ser posible compararla o medirla contra alguna información de referencia. Una forma de realizar este proceso es la revisión visual. Esta forma es fácil de dominar y con frecuencia altamente efectiva, pero también es sensible a errores humanos y requiere tiempos exhaustivos. Otra manera de ejecutar esta revisión es a través de plataformas tecnológicas que permiten automatizar y minimizar los tiempos de dicha tarea.

Revisión de modelos

El aseguramiento de calidad como tal no es algo nuevo, y el proceso debe estar reflejado en procesos de diseño convencionales basados en documentos. Sin embargo, en la práctica, este tema ha requerido esfuerzos considerables y atención a los detalles, en particular en la ocurrencia de cambios. Esto con frecuencia ha llevado a situaciones en las que los problemas son detectados y resueltos solo cuando es absolutamente necesario, fundamentalmente en la obra. Para rectificar esta situación, es necesario adicionar elementos en el diseño, frecuentemente con poco tiempo para ello, lo cual tiene como resultado significativos cambios de órdenes y costos adicionales para todas las partes.

Uno de los objetivos fundamentales de un proceso basado en BIM es detectar las probables discrepancias lo más pronto posible, así como corregir cualquier incongruencia o deficiencia antes de que se convierta en un problema. Un proceso de aseguramiento de calidad basado en BIM, incluyendo el chequeo y análisis del archivo BIM, proporciona una mejor perspectiva de la información de construcción desde una etapa temprana. El mero examen visual del archivo BIM hará más fácil tener una perspectiva global del proyecto, sin mencionar los análisis detallados que pueden llevarse a cabo.

La coordinación BIM podrá solicitar revisiones en los modelados en caso de que identifique inconsistencias en los datos que son indispensables para alcanzar el resultado deseado.

El control de calidad en los modelos generalmente se encuentra basado en los siguientes puntos:

- Verificación visual.
- Verificación de colisiones (detección de interferencias).
- Verificación de estándares.
- Verificación de integridad.

Capítulo 6

Fase de Construcción

Al entrar en la fase de construcción se requiere utilizar los planos y modelos generados en fases anteriores, en la fase de construcción BIM esta información debe continuar siendo utilizada para complementar el control de las dimensiones de tiempo y costo del proyecto.

1. Modelado para construcción

Para que un modelo pueda ser utilizado en la fase de construcción debe cumplir ciertos requisitos que faciliten la interacción de la geometría del modelo con aplicaciones que llevan los datos del programa de obra y costos del proyecto.

- Definición de objetivos de modelado relacionados con la construcción.
- Identificar los usos y métodos de modelado.
- Planificación del proceso de modelado junto con las necesidades de información.
- Definir la infraestructura de modelado necesaria para el éxito.

2. BIM 4D

Para alcanzar una implementación eficaz de la metodología BIM en la fase de construcción, es necesario describir los objetivos y usos BIM de acuerdo con el alcance de la obra, determinar la información necesaria a incluir en los componentes del modelo que será utilizado en la etapa de construcción y la definición de plataformas tecnológicas a utilizarse para seguir un flujo de trabajo que permita mantener el control de la información para obra.

- BIM en la construcción
- Estrategia BIM fase construcción
- ¿Qué es una Simulación de construcción?
- Requerimientos de información necesarios para una simulación de construcción
- Importancia del BIM 3D para construcción
- BIM 4D programación de obra
- BIM 5D estimación de costos
- Gestión de calidad y flujos de trabajo en los modelos BIM
- Seguimiento de casos

Modelado para construcción

Para que un modelo pueda ser utilizado en la fase de construcción debe cumplir ciertos requisitos que faciliten la interacción de la geometría del modelo con aplicaciones que llevan los datos del programa de obra y costos del proyecto.

Definición de objetivos de modelado relacionados con la construcción

BIM, por lo general, está más asociado con el equipo de diseño. Es posible que los gerentes de construcción generalmente no estén involucrados en la creación de modelos, pero juegan un papel vital para asegurarse de que los elementos clave necesarios para entregar un proyecto exitoso estén presentes y sean correctos. Los gerentes de construcción deben comprender los procesos y las herramientas que se utilizan a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, más allá de la fase de diseño.

Los gerentes de construcción deben comprender, interrogar, contribuir y validar los datos BIM recibidos de la fase de diseño para maximizar sus beneficios durante la ejecución de la obra. Necesitan aprovechar el valor de los datos mediante el uso de información del modelo y nuevas formas de trabajar para respaldar mejor las nuevas técnicas de construcción, programación, costos, calidad, coordinación, fabricación, secuenciación y administración de instalaciones, por nombrar solo algunas. Para poder abordar este rol ampliado del gerente de construcción, se deben considerar nuevas herramientas, procesos y conjuntos de habilidades.

Dentro de la fase de construcción, ocurren muchos problemas y errores debido a deficiencias en la generación, omisión y mala correlación de información entre disciplinas dentro de la fase de diseño. Las dificultades y restricciones en la comunicación, la coordinación y la estandarización se encuentran entre los problemas que enfrenta la industria. Comunicar la información de diseño de manera efectiva juega un papel importante en la superación de estos problemas de interoperabilidad. Aquí es donde BIM puede jugar un papel importante ya que el modelo sirve como una base de datos, donde la información se suministra y se extrae con base a los objetivos y necesidades del proyecto generando un enriquecimiento de la información e integrando procesos de verificación y validación de la información para una detección temprana de conflictos principales u omisiones de información que, indudablemente, generarían una afectación durante la construcción.

La colaboración, el corazón del proceso BIM

En el corazón de un proceso BIM está la colaboración. Trabajar como un equipo colaborativo requiere el desarrollo de formas mejores y más eficientes para lograr objetivos compartidos. El generar una sinergia colaborativa aporta muchas ventajas para la industria de la construcción, como una mejor comunicación y comprensión, lo que conduce a una mayor productividad, calidad y certeza de costos. En última instancia, la colaboración da como resultado mejores resultados. Crear el entorno adecuado para un flujo de trabajo colaborativo requiere considerar la cultura y el comportamiento, el proceso, las herramientas digitales y las formas correctas de delimitar los roles y las responsabilidades de cada parte dentro del proceso colaborativo BIM.

Un éxito clave de la colaboración depende en la capacidad de comunicar, intercambiar, actualizar y utilizar datos entre diferentes equipos de proyectos, para esto, se requiere que los datos sean interoperables. Básicamente, la "interoperabilidad" es la capacidad del

software para intercambiar y hacer uso de datos BIM. Si bien un software diferente del mismo proveedor puede "comunicarse" entre sí, en un proyecto BIM, se requieren una serie de soluciones de software que hacen que la interoperabilidad se convierta en una consideración clave.

Asimismo, el poder concertar la generación de información del proyecto en una base de datos centralizada permite mitigar silos de información, trabajar con versiones o información desactualizada, generar flujos para intercambio de información con las personas clave que harán uso y toma de decisiones a partir de esa información y que, al mismo tiempo, las demás personas que consultarán dicha información estén notificadas de los cambios y evolución de la información del proyecto. Por ende, el contar con una base centralizada de información ayuda a incrementar la colaboración, productividad, calidad y certeza de los datos del proyecto.

Identificar los usos y métodos de modelado

Usos BIM en la fase de construcción

Los objetivos y Usos BIM establecidos en la fase de diseño no son independientes de los establecidos para la fase de construcción sino, más bien, la información resultante es la base o entrada para consultar, extraer, manipular, verificar, validar, complementar y/o actualizar durante la ejecución de la obra. Para la fase de construcción el número de involucrados y participantes en el desarrollo y ejecución de los trabajos aumenta de manera significativa por lo que haber tenido objetivos sólidos dentro de la fase de diseño con procesos colaborativos bien estructurados y validados a través de un sistema de gestión de calidad, proporcionará una ventaja y mejor adopción de los procesos y flujos de trabajo que se establezcan para cada uno de los actores en la fase de construcción, donde el principal objetivo se centra en mantener la cohesión, coherencia y sinergia durante los diferentes procesos de intercambio y/o actualización de información que vaya teniendo el proyecto.

En este tema se abordará la descripción de los principales usos de BIM dentro de la fase de construcción:

Modelado de condiciones existentes o captura de campo: Se refiere al desarrollo de un modelo 3D de las condiciones existentes para un sitio, instalaciones en el sitio o un área específica o un espacio dentro de una instalación. El modelo se puede desarrollar de múltiples formas; software de modelado, escaneo láser u otras técnicas de levantamientos, dependiendo de cuál sea el objetivo y qué sea de mayor valor para el proyecto. Cuando se utiliza el escaneo láser, se crea una nube de puntos 3D extremadamente precisa que puede vincularse al modelo BIM y usarse para modelar el espacio o validar la calidad y precisión en los trabajos ejecutados en obra.

Hoy en día, el software de creación está evolucionando rápidamente, por lo que es posible modelar, en algunos casos, directamente desde la nube de puntos, con el uso de complementos especializados.

Beneficios:

- Mejora la eficiencia y precisión de la documentación de condiciones existentes.
- Proporciona documentación para usos futuros.
- Ayuda en el modelado futuro y la coordinación 3D.

- Proporciona una representación precisa del trabajo que se debe implementar.
- Verificación de cantidad en tiempo real para fines contables.
- Proporciona información detallada sobre el diseño.
- Planificación previa al desastre
- Registro posterior al desastre
- Usar con fines de visualización

Diseño del sistema constructivo o maqueta virtual: Durante la fase de construcción se utiliza un software de modelado 3D para generar, diseñar y analizar los sistemas constructivos como encofrados, acristalamientos, amarres, etc. con el fin de aumentar la planificación de recursos y las alternativas de secuenciación de dichas actividades.

Beneficios:

- Incrementar la constructibilidad de un sistema de construcción complejo.
- Incrementar la productividad de la construcción
- Aumentar la conciencia de seguridad de un sistema de construcción complejo.
- Disminuir la barrera del idioma

Coordinación 3D y detección de interferencias: La detección de interferencias se utiliza para coordinar los conflictos de campo comparando modelos 3D con base en su sistema constructivo. El objetivo aquí es eliminar los principales conflictos del sistema antes de su construcción, instalación y/o montaje; donde cada sistema y subsistema está codificado por colores para facilitar la comprensión visual.

Las detecciones de choques se basan en la geometría o en conjuntos de reglas para detectar cuando dos o más objetos interfieren entre sí, así como en reglas que permitan comprobar la calidad del diseño.

Beneficios:

- Coordinar el proyecto de construcción a través de un modelo.
- Reducir y eliminar los conflictos de campo; lo que reduce significativamente los RFI en comparación con otros métodos
- Visualizar la construcción
- Incrementar la productividad
- Costo de construcción reducido; potencialmente menos crecimiento de costos (es decir, menos órdenes de cambio)
- Reducir el tiempo de construcción
- Incrementar la productividad en el sitio.
- Dibujos construidos con mayor precisión

Planificación de fases – Simulación 4D: Se utiliza para planificar la ocupación por fases en la renovación, adición, modernización o para mostrar la secuencia de construcción y los requisitos de espacio en un sitio de construcción. Un modelado 4D es una herramienta muy poderosa de visualización y comunicación que puede brindar a las partes interesadas del proyecto una mejor comprensión del proyecto.

La planificación de fases se utiliza hoy en día para comunicar cómo se ejecutará el trabajo, esto puede incluir diseño, montaje, fases, requisitos de acceso, programación y otras consideraciones para llevar a cabo la ejecución de las actividades establecidas en un programa de obra.

Beneficios:

- Una mejor comprensión del cronograma de fases para las partes interesadas, que muestra la ruta crítica del proyecto.
- Planes dinámicos de ocupación por fases que ofrecen múltiples opciones y soluciones a los conflictos espaciales en el sitio.
- Integrar la planificación de recursos humanos, equipos y materiales con el modelo BIM para programar y estimar mejor el costo del proyecto.
- Conflictos de espacio y espacio de trabajo identificados y resueltos antes del proceso de construcción.
- Fines de marketing y publicidad.
- Identificación de problemas de programación, secuenciación o fases
- Proyecto más fácilmente construible, operable y mantenible
- Supervisar el estado de adquisición de los materiales del proyecto.
- Mayor productividad y menor desperdicio en los sitios de trabajo
- Transmitir las complejidades espaciales del proyecto, planificar información y apoyar la realización de análisis adicionales.

También se utiliza para visualizar instalaciones permanentes y temporales en el sitio durante múltiples fases del proceso de construcción. El modelo también se puede vincular con el programa 4D para transmitir los requisitos de espacio y secuencia en el sitio. Además, información sobre recursos laborales, materiales con entregas asociadas y ubicación de equipos.

Beneficios:

- Generar de manera eficiente el diseño de uso del sitio para instalaciones temporales, áreas de ensamblaje y entregas de materiales para todas las fases de la construcción.
- Identificar rápidamente conflictos de tiempo y espacio potenciales y críticos
- Evaluar con precisión el diseño del sitio por motivos de seguridad.
- Seleccionar un esquema de construcción factible.
- Comunicar eficazmente la secuencia de construcción y el diseño a todas las partes interesadas.
- Actualizar fácilmente la organización del sitio y el uso del espacio a medida que avanza la construcción.
- Minimizar la cantidad de tiempo dedicado a la planificación de la utilización del sitio.

Estimación de costos o extracción de cantidades – Simulación 5D: Los modelos de información se utilizan para generar estimaciones de costos y estimaciones de cantidades precisas a un ritmo más rápido de materiales modelados. Aquí, el modelo está vinculado a una base de datos de costos, que luego calcula una estimación de costos.

Beneficios:

- Ayudar al proceso de toma de decisiones
- Mejor representación visual de los elementos del proyecto y la construcción que deben estimarse.
- Brindar información de costos más precisa al propietario durante la fase inicial de toma de decisiones del diseño y durante todo el ciclo de vida, incluidos los cambios durante la construcción.
- Reducir el tiempo de despegue de cantidades y estimaciones de costos.
- Permite a los estimadores enfocarse en más actividades de valor agregado en la estimación, tales como: identificar ensamblajes de construcción, generar precios y riesgos de factorización, que son esenciales para estimaciones de alta calidad.
- Agregado a un cronograma de construcción (como un modelo 4D), una estimación de costos desarrollada por BIM puede ayudar a rastrear los presupuestos durante la construcción
- Exploración más sencilla de diferentes conceptos y opciones de diseño dentro del presupuesto del propietario.
- Determinar rápidamente los costos de objetos específicos
- Es más fácil filtrar a los nuevos estimadores a través de este proceso altamente visual.

Fabricación digital: La información digital se utiliza para facilitar la fabricación de ensamblajes o materiales de construcción. Algunos usos de las fabricaciones digitales se pueden ver en la fabricación de chapa metálica, fabricación de acero estructural, corte de tuberías, creación de prototipos para revisiones de integración con el diseño. Este uso de BIM ayuda a garantizar que la fase posterior de la fabricación no tenga ambigüedades y cuente con la suficiente información para su fabricación con un mínimo de desperdicio.

Beneficios:

- Garantizar la calidad de la información.
- Minimizar las tolerancias mediante la fabricación de máquinas.
- Incrementar la productividad y la seguridad de la fabricación.
- Reducir el tiempo de entrega
- Adaptar los últimos cambios en el diseño.
- Menor dependencia de dibujos en papel 2D

Control y planificación 3D o diseño digital: Se utiliza para diseñar conjuntos de instalaciones o automatizar el control del movimiento y la ubicación del equipo. Los puntos de control detallados se crean a partir del modelo para ayudar en el diseño del ensamblaje, es decir, diseño de muros usando una estación total con puntos precargados y / o usando coordenadas GPS para determinar si se alcanza la profundidad de excavación adecuada.

Beneficios:

- Disminuye los errores de diseño vinculando el modelo con coordenadas del mundo real.
- Aumenta la eficiencia y la productividad al disminuir el tiempo dedicado a la topografía en el campo.

- Reduce el reproceso porque los puntos de control se reciben directamente del modelo.
- Disminuir / eliminar las barreras del idioma

Seguimiento de campo / gestión: Se utiliza un software para la gestión en campo durante el proceso de construcción, puesta en marcha y entrega. Se utiliza para gestionar, rastrear, realizar tareas e informar sobre calidad (QA / QC), seguridad, documentos al campo, programas de puesta en marcha y traspaso, conectados a los modelos de información. Este proceso BIM consolida.

El objetivo de la gestión de campo y BIM de campo es garantizar el cumplimiento de los documentos del contrato, el cumplimiento de las normas constructivas y de seguridad, así como el desempeño de los requisitos de los proyectos del propietario, a través de flujos de trabajo basados en BIM para la integración e intercambio de información durante la fase de construcción.

Beneficios:

- Capacidad del personal de campo para acceder, leer y actualizar modelos de información de construcción (BIM) en el campo.
- Optimizar el primer trabajo y minimizar el retrabajo debido a no conformidades y defectos.
- Administrar el trabajo para completarlo y corregirlo de manera eficiente sin retrasos ni errores de comunicación.
- Prevenir los peligros en el lugar de trabajo y los comportamientos de riesgo, y garantizar la seguridad del lugar de trabajo.
- Optimizar el rendimiento del sistema y los componentes según los requisitos del proyecto del propietario.
- Documentar la información de instalación para el registro y la entrega, en el punto de construcción.
- Acelerar el cronograma del proyecto, el tiempo para las operaciones y el tiempo para los ingresos.
- Reducir el proceso de transferencia, incorporación y tiempo de actividad de operaciones y mantenimiento (O&M).
- Desarrollar un activo de transferencia digital de datos y documentos estructurados, para complementar el activo físico.
- Obtener visibilidad en tiempo real del desempeño de la organización, el proyecto y las partes interesadas.
- Crear un registro histórico seguro de la actividad de gestión de campo para poder realizar auditorías en el futuro.
- Identificar tendencias con indicadores adelantados para tomar acciones preventivas proactivas versus acciones correctivas reactivas.
- Gestionar y mitigar el rendimiento y otros riesgos.
- Evitar las devoluciones de llamadas de los contratistas y las reclamaciones de garantía debido a defectos de construcción

Registro del modelo: El registro del modelo se utiliza para representar de forma precisa de las condiciones físicas, el entorno y los activos de una instalación. Como mínimo, debe contener información relacionada con los principales elementos arquitectónicos, estructurales y MEP. Es la culminación de todo el modelado BIM a lo largo del proyecto, incluida la vinculación de los datos de operación, mantenimiento y activos con el modelo AsBuilt (creado a partir del diseño, la construcción, los modelos de coordinación 4D y los modelos de fabricación de subcontratistas) para entregar un registro del modelo final al propietario. o el administrador de la edificación.

Beneficios:

- Ayuda en el modelado futuro y la coordinación del diseño 3D para la renovación.
- Mejorar la documentación del entorno para usos futuros, por ejemplo, renovación o documentación histórica.
- Ayuda en el proceso de obtención de permisos (por ejemplo, cambio continuo frente al código especificado).
- Minimizar la disputa sobre la rotación de instalaciones (por ejemplo, el enlace al contrato con datos históricos resalta las expectativas y las comparaciones con el producto final).
- Capacidad para incorporar datos futuros en función de la renovación o el reemplazo de equipos.
- Proporcionar al propietario un modelo preciso de edificio, equipamiento y espacios dentro de un edificio para crear posibles sinergias con otros usos de BIM.
- Minimizar la información de rotación del edificio y el espacio de almacenamiento requerido para esta información.
- Se adapta mejor a las necesidades del propietario y desea ayudar a fomentar una relación más sólida y promover la repetición de negocios.
- Evalúe fácilmente los datos de los requisitos del cliente, como las áreas de la sala o el desempeño ambiental, según el diseño, la construcción o el desempeño.

Planificación del proceso de modelado junto con las necesidades de información.

Un modelo BIM puede considerarse como un "modelo de información", el cual es una fuente de datos que contiene información gráfica, textual (No gráfica), vinculados y externos a información generada dentro del modelo, el cual es desarrollado progresivamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto ya que, el modelo pasará por una serie de iteraciones durante la fase de diseño que servirá de entrada a los proveedores de construcción los cuales, a la vez, generarán actualizaciones y/o modificaciones a la información de acuerdo con el procedimiento constructivo que haya sido ejecutado en esta fase, el cual será un registro del estado final del proyecto (As-Built) para que esta información generada sea entrada para la gestión de activos y su uso en la fase de operación y mantenimiento.

Los modelos de información están orientados a objetos, que consiste en elementos que tienen características físicas y funcionales adjuntas a ellos, así como relación con objetos y espacios cercanos. Estos objetos contienen información gráfica y no gráfica, que permite realizar diferentes tipos de análisis o extracción de información, como cuantificar el material requerido para su ejecución en sitio.

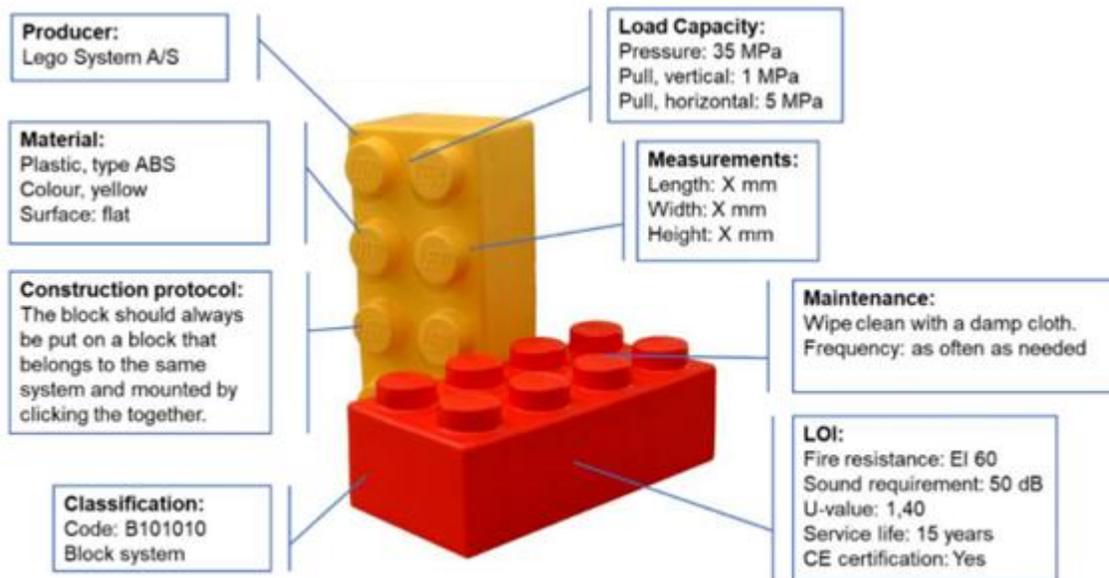


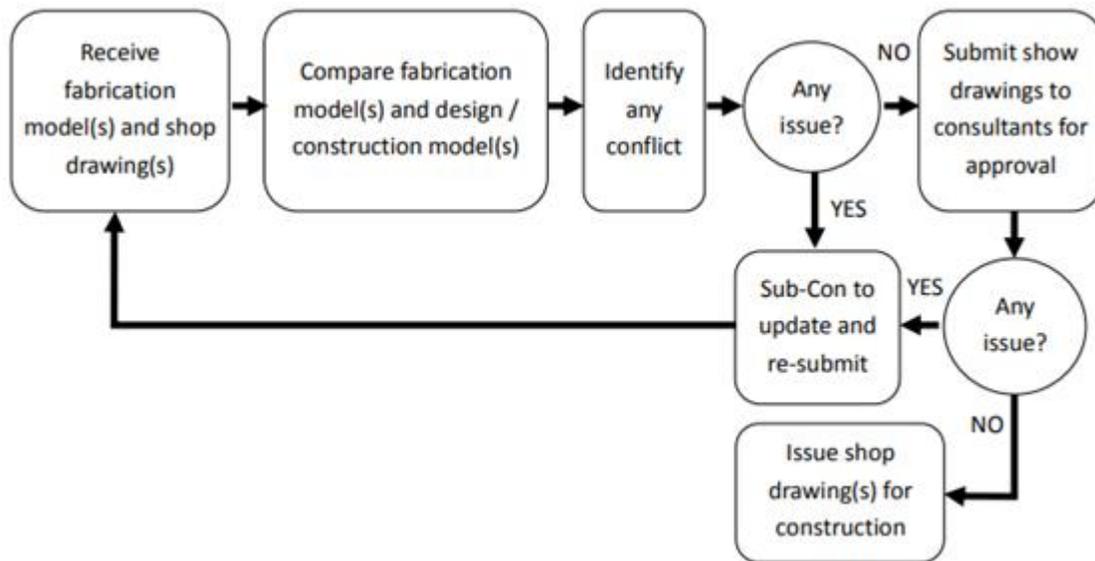
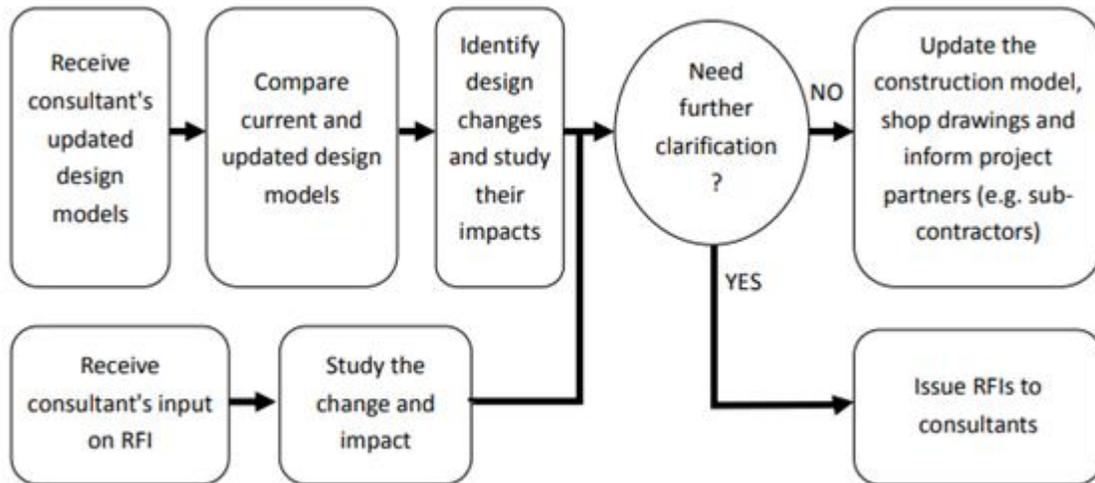
Figure 2.6. The BIM building blocks

El modelo de información del proyecto puede consistir en varios archivos donde cada modelo (arquitectónico, estructural, instalaciones, civil, etc.) se integran o se federan en un Entorno Común de Datos para presentar el modelo único del activo. Cada disciplina sigue siendo responsable de su modelo y datos.

El modelo de información se convierte en una parte integral del proceso de toma de decisiones a lo largo del diseño, construcción y gestión del activo. Para entregar esta información y datos, se aplica una estrategia clara en conjunto con los procesos BIM adecuados. El objetivo es maximizar el retorno de la inversión mediante la definición de un flujo efectivo sobre el uso de datos durante todo el ciclo de vida del proyecto. El cliente obtendrá una información más completa, resultando en una mejora de la calidad, eficiencia y edificios sostenibles.

Dentro del proceso BIM, se produce un modelo de información utilizando software compatible con BIM. El modelo se puede visualizar y manipular en 3D; a eso se suma el software de detección de interferencias, que detecta los cruces entre los diferentes elementos de la construcción virtual. Esto logra una reducción en el costo total de operación, a través de un diseño mejorado y por lo tanto menos modificaciones o choques en el sitio de construcción. Hacer que las instalaciones construidas sean más confiables, fáciles de mantener y accesibles.

Este enfoque colaborativo e integral empodera a quienes son directamente responsables de supervisar las actividades de trabajo en el proyecto.



BIM es un método integrado para digitalizar el proceso de construcción. A lo largo del ciclo de vida de la edificación, desde la idea hasta la demolición. BIM significa una colaboración más estrecha entre todas las partes que participan en el proyecto.

Definir la infraestructura de modelado necesaria para el éxito

Selección de las herramientas y tecnologías adecuadas para apoyar la implementación de su estrategia BIM

El BIM está actualmente cambiando la forma en que son diseñadas y ejecutadas las construcciones, facilitando el trabajo multidisciplinario, además de traer ventajas como visualización 3D, visualización de las diferentes etapas de la obra, estimación de costos, detección de conflictos en procesos, reducción del tiempo de ejecución del proyecto, incremento de la efectividad y eficiencia en los procesos, desde el momento de diseño y hasta la etapa operativa.

Si bien la tecnología es un ingrediente vital para ayudar a lograr mejores resultados para los activos, hay una serie de consideraciones que deben tenerse en cuenta antes de invertir en nuevas herramientas. En primer lugar, es necesario comprender la posición inicial/actual de la calidad de los sistemas y procesos existentes antes de considerar integrar nuevas soluciones de software y/o hardware. Es importante asegurar tener la infraestructura adecuada para cubrir las necesidades que demande el desarrollo del proyecto en cada una de sus fases.

Una adecuada selección e implementación de herramientas e infraestructura no sólo crean un sentido de innovación para el proyecto, sino que, a la vez tiene un valor potencial en la optimización de los procesos, flujos de trabajo y tiempos de respuesta para la integración e intercambio de información entre las diferentes áreas involucradas en el proyecto.

Dentro de dichos beneficios se pueden encontrar:

- Reducción de fechas límite, reducción de la repetición de tareas, reducción del error.
- Visualización 3D en el lugar de trabajo el desarrollo del proyecto estructural, arquitectónico o de instalaciones.
- Estimación de costos basándose en la cantidad de material usado y la secuencia constructiva. Proveen datos sobre elementos y demás datos del proyecto.
- Permite la recolección de datos en el sitio de trabajo, facilitando el mantener actualizadas las actividades y cantidades que se usan o realizan en tiempo real desde el sitio de trabajo.
- Interacción integrada de todas las partes de un proyecto que permiten tener toda la información necesaria para cualquier actividad, permitiendo la toma de decisiones a medida que avanza el proyecto, con posibilidad de realizar cambios rápidos que todas las partes puedan visualizar, teniendo en todo momento la concepción de la realidad del proyecto en cada fase de este.

Existe una gran variedad de herramientas que buscan satisfacer las necesidades que enfrenta el día a día en la ejecución de los proyectos de construcción y muchas veces se puede perder la objetividad en cuanto a la selección de una solución efectiva y que sea un beneficio estratégico a la implementación de estas herramientas tecnológicas dentro de nuestros procesos de gestión de construcción. A continuación, se enlistan algunos criterios fundamentales que permiten una discretización de las herramientas:

- Posibilidades de colaboración.
- Mejora de procesos.
- Eliminación de redundancias.
- Información en tiempo real.
- Disponibilidad de documentos virtuales.
- Toma de datos en sitio.
- Compatibilidad con el tipo de modelo realizado.

Siguiendo dichos factores se pasan a evaluar las herramientas que cumplen todas o la mayoría de las condiciones necesarias para ser consideradas aptas, esto en búsqueda de que al ser puestas en funcionamiento puedan cumplir con los requerimientos necesarios

para considerarse la herramienta correcta para el trabajo que desea realizarse con el trabajo desde campo:

- Aumento de la precisión, velocidad y cantidad de información que es tomada.
- Vista en tiempo real del plan de avance y tareas por venir.
- Capacidad de reportar el avance en tiempo real.
- Incrementar el conocimiento y la integración que se tienen con los procesos en campo.
- Mejorar la seguridad del campo.
- Disminución en la repetición de procesos manuales.
- Buscar una reducción o total eliminación la pérdida de información.
- Reducción en el llenado de formatos innecesarios.
- Reducción en retrabajos para transmitir o almacenar la información previamente recolectada.
- Reducción del uso de papel.

Software

Ninguna herramienta por sí sola podrá producir un proyecto BIM. Más bien, es posible que necesite una serie de herramientas que sean capaces de realizar una variedad de tareas y cumplir los objetivos y resultados deseados para el proyecto. A continuación, se muestran una serie de softwares que apoyan a ciertos propósitos en el desarrollo del proyecto.

Table 5.1 BIM enabled tools and technologies

Tools	Purpose
Design Authoring Software	<p>Provides the ability to aid the design and construction by generating data for multiple uses, in 2D and 3D. Tools may be specific to a discipline and use parametric capabilities using a combination of graphical information and data.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revit (Autodesk) • Tekla Structures (Trimble) • MicroStation (Bentley) • Archicad (Graphisoft).
Scheduling software	<p>Provides ability to schedule works and by contractors on a project. Some software integrates the graphical model with time based capabilities to provide construction sequencing (often referred to as 4D Modelling)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vico Office (Trimble) • Synchro Pro (Synchro Software) • Navisworks (Autodesk).

Tools	Purpose
Cost tools	Provides for quantity takeoff and estimating. Costing capabilities may be linked to Design authoring tools via plug-ins. <ul style="list-style-type: none"> ● Solibri (Solibri) ● Navisworks (Autodesk) ● Vico Office (Trimble).
Model Review Software	Provides ability for project team members to view, navigate and interrogate model information. Some software also offer additional functionality such as model checking for clash detection. <ul style="list-style-type: none"> ● Solibri Model Viewer (Solibri) ● TeklaBIMsight (Trimble) ● Trimble Connect (Trimble) ● Rendra (Rendra O) ● Dalux BIM viewer (Dalux)
Field Management Software and Field BIM Software	Provides the ability to collaborate, report and feedback to a project model, using a combination of mobile and cloud technologies <ul style="list-style-type: none"> ● BIM 360 Field (Autodesk) ● Trimble Field Link (Trimble)
Computer-Aided Facilities Management tools (CAFM)	Provides the ability to manage, report, track and plan facilities functions. May include or interface with CAD systems, Information models and Computerised Maintenance Management Systems (CMMS) <ul style="list-style-type: none"> ● YouBIM ● Mainmanager ● FM: Systems

Previo a implementar el tipo de software que se desea para realizar control y medición en la fase de construcción, se debe entender qué cambios en la metodología de trabajo son requeridos para funcionar y ser aplicado a plenitud. Los cambios necesarios para adaptarse a la metodología BIM puede que no sean pequeños, y estos traen consigo grandes retos para la compañía.

Formatos de archivo patentados versus abiertos

El flujo de información es fundamental para la colaboración y la interoperabilidad, ya que permite el uso entre diferentes aplicaciones de creación y posteriores, p. Ej. gestión de instalaciones, modelado estructural y aplicaciones de análisis.

Dado que los activos tienen una vida útil operativa que abarca muchos años, se debe pensar en cómo se accederá a los datos en el futuro. El hecho de que un proveedor de software admita un software y formato de archivo en particular ahora no siempre significa que este será para el caso en el futuro. Tener información en un estándar abierto significa que es más probable que exista una herramienta disponible para leer y usar esta información.

Un formato de archivo propietario es un formato de archivo que es nativo de un programa de software determinado, que solo ese programa puede reconocer.

El IFC se promueve como un modelo de producto neutral que respalda el ciclo de vida del edificio y es capaz de almacenar e intercambiar datos entre diferentes aplicaciones de software patentado. Esto incluye una amplia variedad de información, desde la geometría hasta las relaciones entre los componentes, y por lo tanto se convierte en una plataforma para resolver problemas de interoperabilidad. La versión actual de IFC es IFC4. Esto está registrado en ISO como estándar internacional oficial, ISO 16739: 2013.

BIM 4D

Para alcanzar una implementación eficaz de la metodología BIM en la fase de construcción, es necesario describir los objetivos y usos BIM de acuerdo con el alcance de la obra, determinar la información necesaria a incluir en los componentes del modelo que será utilizado en la etapa de construcción y la definición de plataformas tecnológicas a utilizarse para seguir un flujo de trabajo que permita mantener el control de la información para obra.

BIM en la construcción

El uso de BIM durante la fase de diseño es reconocido por maximizar su impacto en un proyecto ya que la capacidad de influir en el costo es la más alta. El equipo puede discurrir creativamente ideas y proporcionar soluciones a los problemas antes de que estos se conviertan en impactos de alto costo para el proyecto. Sin embargo, el uso de BIM en la fase de construcción a menudo es conocido como poco eficiente, ya que se desconoce el potencial que esta metodología brinda en dicha fase. BIM en la fase de construcción tiene como principal objetivo:

- Fomentar la transparencia del proceso de construcción.
- Ayudar a comprender o cambiar la forma en que se construyen las cosas.
- Agilizar los procesos constructivos.
- Minimizar los desperdicios.

Es importante no perder de vista que BIM por sí solo no hará todo esto, pero si proporciona a la industria con las herramientas que apoyarán los procesos de construcción. Lo anterior debe sumarse a los procesos de cooperación y coordinación de todo el personal involucrado en el proyecto.

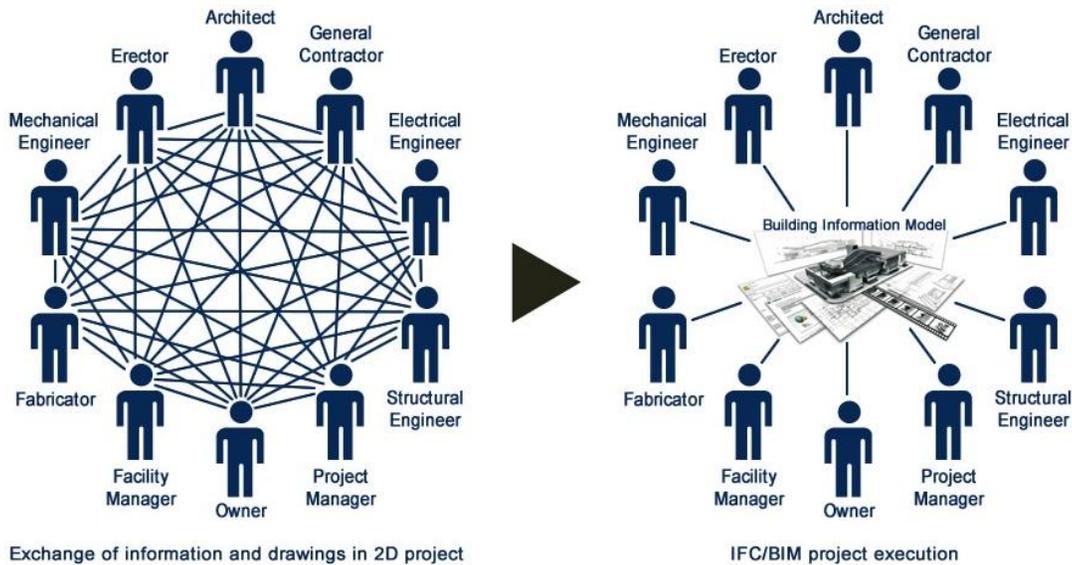
En general, la metodología BIM aplicada a esta fase ayuda a reducir enormemente los errores de diseño y a mejorar y/o comprender de antemano el trabajo a realizar. El uso de modelos BIM califica como una herramienta valiosa para planificar y optimizar la logística de los trabajos en sitio. Durante la fase de construcción, las plataformas tecnológicas BIM se utilizan para gestionar, rastrear, informar sobre la calidad y la seguridad, visualizar los documentos en el campo y programar fechas de puesta en marcha y entrega. El objetivo de la gestión BIM en campo es garantizar el cumplimiento de documentos contractuales y el cumplimiento de normas de seguridad y desempeño, a través de flujos de trabajo basados en BIM en el campo y en el punto de construcción.

Existen muchos beneficios de BIM durante la fase de construcción, por ejemplo:

- Brindar capacidad de acceso, lectura y actualización de la información (BIM) al personal de campo.
- Optimizar el trabajo y minimizar el reproceso debido a no conformidades y/o defectos.
- Administrar el trabajo para complementar y corregir eficientemente sin retrasos y errores de comunicación.
- Prevenir los peligros en el lugar de trabajo y el comportamiento de riesgo, y garantizar la seguridad en el lugar de trabajo.
- Optimizar el rendimiento del sistema y los componentes para el proyecto.
- Documentar la información de la instalación.
- Reducir la transferencia de operaciones y mantenimiento.
- Desarrollar un activo de transferencia digital de datos y documentos estructurados, para complementar el activo físico.
- Obtener visibilidad en tiempo real de la organización, el proyecto y las partes interesadas.
- Crear un registro de historial seguro de la actividad de gestión de campo para futuras auditorías.
- Identificar ciertas tendencias a través de indicadores para tomar medidas proactivas y preventivas en lugar de reactivas y correctivas.
- Administrar y mitigar el desempeño y otros riesgos.
- Evitar reclamos de garantía debido a una construcción deficiente.

Estrategia BIM en la fase de construcción

Durante los últimos treinta años la productividad de la construcción ha disminuido en comparación con otras industrias. La base en la fase de construcción es que muchas disciplinas deben trabajar juntas con la misma información. Durante el flujo de información convencional, la información se intercambia a través de copias impresas, lo que a menudo resulta en conceptos erróneos y errores, así como diferentes versiones de la información, cada una con diferente contenido. La creciente digitalización de la industria de la construcción es el resultado de esta integración colaborativa, al cambiar el método de trabajo basado en documentos a un método basado en un entorno común de datos. Por lo tanto, la base de un proceso de construcción exitoso es una buena coordinación y comunicación. La siguiente figura ilustra los tipos de flujo de información presentes durante la ejecución de obra del proyecto.



Durante la fase de construcción, todas las diferentes disciplinas tendrán un modelo individual donde cada elemento del edificio tiene su componente digital correspondiente. Además, estos modelos se colaboran e intercambian con todos los involucrados. Todos los componentes digitales deben contar con la información estandarizada, de esta forma todos los participantes tienen la información necesaria disponible cuando la necesitan, siempre está actualizada y bajo una estructura definida que permite su interpretación e intercambio entre las entidades.

Es importante que los involucrados del proyecto "piensen dentro de las cajas de otras personas" para comprender mejor cómo el trabajo desarrollado por su área puede proporcionar valor e identificar las necesidades de ejecución del proyecto desde el principio. Al utilizar BIM, los participantes no solo ven su propio modelo y disciplina, sino que también ven cómo es coherente con otras disciplinas. Una base para la transformación BIM es que la información incompleta o retrasada pone en riesgo la integridad percibida de todo el sistema, la información siempre cambiará durante el proceso.

Con esto, se puede entender que BIM para la fase de construcción colabora en el intercambio de información con herramientas de gestión de proyectos, en el seguimiento de obra, y en la coordinación con proveedores, entre otros aspectos.

BIM permite visualizar el estado de construcción, por lo que es posible compararlo con la evolución esperada como se indica en la planificación inicial del proyecto en cada momento. Esto ofrece un control óptimo de las entregas de los diferentes elementos de un proyecto y posibilita la detección de posibles obstrucciones. Por lo que, el trabajo realizado antes de la fase de construcción es crucial para el uso durante la fase de construcción.

El modelo BIM debe ser estructurado para servir en la fase de construcción como una herramienta de comunicación entre el contratista y los subcontratistas para coordinar el proyecto en el sitio. Los administradores en el sitio a menudo están equipados con tabletas digitales, lo que les brinda acceso inmediato a planos, especificaciones y otra información pertinente en el sitio de construcción. Esto reduce el tiempo de respuesta a

los cambios de dibujo, modificaciones de campo y distribución de información a todos los miembros del equipo. El equipo y la tecnología avanzados permiten que el modelo del proyecto resida en el sitio para su uso en la detección de conflictos, la coordinación del equipo multidisciplinario, las modificaciones de los dibujos y el refinamiento del cronograma. Estos avances en la tecnología también hacen posible que partes del modelo de diseño se envíen directamente a los fabricantes para su análisis de precios, coordinación y producción. Esto resulta en una mejor calidad, eficiencia y entrega en el sitio de obra.

A medida que el proyecto evoluciona a través de las diferentes etapas, la producción de datos aumenta; por lo tanto, es importante considerar que se debe dar lugar a ciclos de retroalimentación o revisión de los procesos y/o datos con los diferentes involucrados. Esto significa revisar el modelo actualizado en términos de qué información ha sido agregada, eliminada o modificada y por quién.

BIM busca crear una conexión sólida entre diseño y construcción para reforzar el trabajo colaborativo la efectividad y certeza en el intercambio de información, así como el mejoramiento en la calidad de la información del proyecto para la optimización de tiempos costos, así como la mitigación de riesgos y conflictos durante esta etapa. En lugar de preguntarnos cómo podemos lograr que arquitectos, ingenieros y gerentes de construcción colaboren de manera eficiente, ahora nos preguntamos cómo podemos usar BIM para hacer que el proceso sea aún más rápido y eficiente.

Una gran limitación se relaciona con el nivel de experiencia BIM y las habilidades técnicas de los diferentes participantes e interesados. Tener lagunas en el nivel de experiencia de los diferentes usuarios de BIM creará problemas en las comunicaciones efectivas entre los participantes del proyecto y las partes interesadas. También para lograr hacer los modelos de la mejor y más eficiente manera se requiere algo de experiencia, que llevará algo de tiempo y recursos. La industria de la construcción se basa en gran medida en una determinada forma de hacer todo, por lo que la motivación para aprender cosas nuevas es fundamental para utilizar BIM.

Es importante recordar que BIM no resuelve todos los problemas de coordinación de la construcción; sin embargo, las personas, el trabajo en equipo colaborativo y las ventajas de BIM nos ayudan a crear un proceso abierto y transparente para que los miembros del equipo diseñen y construyan proyectos exitosos.

BIM y los flujos de información en general son temas en evolución. Los cambios ocurren todos los días, lo que hace que BIM sea cada vez más útil. En este punto, BIM es el flujo de información más efectivo y se desarrollará mucho en los próximos años.

¿Qué es la simulación de construcción?

La simulación en construcción es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo o sistema BIM en el cual se puedan realizar estudios o experimentos con el propósito de entender el comportamiento de los sistemas constructivos o evaluar varias estrategias (dentro de los límites impuestos por un criterio o conjunto de criterios) para la operación de este.

El objetivo de las simulaciones dentro de esta fase consiste en establecer, a través del diseño de diferentes opciones, cuál es el escenario más eficiente en términos de tipo de ejecución de los procesos y tareas que conlleven a la disminución de los plazos y de los costos.

Los procesos de simulación BIM en la construcción sirven como un acercamiento a la simulación de las operaciones. Los beneficios en la aplicación de la simulación redundarán en la generación de importante información para facilitar y hacer más efectivo y eficiente el proceso de planificación y control de los proyectos de construcción.

La aplicación de la simulación puede consolidar los resultados que de manera general deben tenerse en cuenta por los constructores; en especial, en la etapa de planificación y, en particular, en actividades y procesos constructivos comunes, como los transportes horizontales y verticales de materiales.

La simulación de construcción generalmente es relacionada con el término VDC (Virtual Design & Construction), una metodología desarrollada por el CIFE de la Universidad de Stanford en California, USA cuyo propósito es establecer la forma en que se materializará el edificio teniendo en cuenta el tiempo y el costo. VDC utiliza los datos generados en los modelos BIM 3D para gestionar los procesos de producción usando estas dos variables. Esto permite una planificación más precisa para poder modelar las secuencias de los procesos constructivos y discutir las alternativas de mejora de la productividad desde el modelo, evaluar los impactos en el coste de cualquier alternativa de diseño, etc. Sin embargo, el gran potencial de esta metodología dependerá del entorno colaborativo que se genere en el equipo del proyecto.

Es importante comprender que abordar un proyecto desde la metodología VDC, requiere saber cómo se va a construir y no solo tener conocimientos de construcción. El diseño básico desarrollado desde modelos BIM siempre necesitará una validación constructiva, la cual sólo se dará con la inclusión del constructor, subcontratistas, fabricantes y proveedores.

Finalmente, para asegurar el éxito de la metodología BIM en los procesos de simulación de la construcción, es necesario desarrollar un sistema de métricas que permita identificar qué factores pueden ser controlados para poder decidir la asignación de recursos y, posteriormente, controlar la efectividad de estas decisiones mediante indicadores de producción y de resultados. Siempre deberá prevalecer la alineación de los resultados a los objetivos del proyecto (costo-calidad-plazo-seguridad) y a los objetivos del negocio del cliente (rentabilidad-sostenibilidad-operatividad).

Requerimientos de información necesarios para una simulación de construcción

Para la etapa de construcción es necesario reevaluar la naturaleza de BIM y evaluar si será capaz de proveer la información necesaria para los procesos de gestión en esta etapa del proyecto.

Los procesos de intercambio de información entre el diseñador, el constructor principal y los contratistas juega un papel primordial en esta fase del proyecto, ya que la programación de la construcción, la presentación de informes del estado actual, así como el control de las disciplinas de seguridad y salud en la construcción dependen en gran medida de la confiabilidad de los datos.

Existen ciertos puntos que deben considerarse dentro de los requerimientos de información necesarios para ejecutar simulaciones en la fase constructiva:

- Es importante definir el nivel de detalle de los modelos requeridos para esta fase, de tal forma que prevalezca una adecuada calidad de la información.

- Es importante definir a los interesados y responsables de proporcionar la información en la etapa constructiva.
- Es recomendable el uso de listas de verificación de obra ligadas al modelo BIM. Esto permitirá un adecuado control y uso de estas.
- Es estrictamente necesario definir los documentos y tipos de formato de los entregables requeridos por los involucrados en esta fase.
- Los usos BIM Visualización y Medición deben ser considerados como procesos interactivos ejecutados con una herramienta que permita mejorar la productividad de las tareas involucradas en esta fase.
- El proceso de integración de la programación de construcción con los modelos BIM debe detallarse para cada proyecto según las necesidades.
- Los modelos BIM siempre deberán estar involucrados en el ciclo de la construcción. De esta manera, los cambios o modificaciones ejecutados en obra se verán reflejados en los modelos, permitiendo así que tanto la planificación como la cuantificación puedan presentarse en tiempo real.
- Generalmente la información más básica del modelo está relacionada a los parámetros físicos, como el tamaño, ubicación y cantidad. Sin embargo, la fase de construcción requiere información más detallada sobre los objetos del modelo, tales como especificaciones de material, número de modelo, proveedor e información relacionada al tiempo.
- Para que el modelo BIM de simulación arroje datos precisos, es importante tomar en cuenta todas las actividades que deben ejecutarse en la fase de construcción, así como las entidades de entrada y los recursos indispensables para llevarlas a cabo.
- La información de un elemento de modelo para procesos de simulación puede incluir:
 - La fecha planeada en que se inicia la tarea que involucra al elemento.
 - La fecha planeada en que termina la tarea que involucra al elemento.
 - El tiempo requerido para su instalación.
 - El orden o secuencia constructiva en que debe ser instalado.
- Por otro lado, es importante contar con el desglose de las tareas que conforman el programa del proyecto, pues este debe vincularse con los objetos del modelo 3D. Cabe destacar que el programa de los trabajos no es el cronograma o diagrama de barras, estas son sólo una representación gráfica del programa de actividades que deben ejecutarse en obra.
- En esta etapa se recomienda que el modelador BIM cuente con las habilidades necesarias para que su modelo tenga un nivel de desarrollo (LOD) adecuado para los requerimientos de la fase de construcción, y que este sea compatible con las necesidades de la persona responsable de programar el proyecto en dicha fase.

Por otro lado, previo a los procedimientos de simulación de la construcción, los involucrados en el proyecto deben ejecutar las siguientes acciones:

- Hay que asegurar que los modelos BIM han pasado por un proceso de auditoría y gestión de calidad, reduciendo así el porcentaje de errores para garantizar resultados confiables.
- Verificar y validar que el modelo BIM cumpla con el sistema de clasificación y estandarización definido en el BEP. Esto permitirá que la vinculación del programa de obra se ejecute de manera más rápida y eficiente.
- Verificar que los modelos BIM cumplan con los requisitos previamente estipulados en el BEP en cuanto a la segregación de los elementos del modelo. Es importante recordar que la configuración utilizada en el desarrollo de los modelos en ocasiones no se ajusta a la división de tareas requeridas en la programación.
- Estipular con anticipación los documentos requeridos para ejecutar las tareas involucradas en los procesos de simulación, ya que la información necesaria para el desarrollo de estas depende del estado de avance. El nivel de detalle de la información depende del uso que se hará.
- Verificar que los planos de detalle son producto y/o están ligados al modelo BIM.

Importancia del BIM 3D para construcción

El modelado de información para la construcción es un proceso para diseñar, construir y operar edificios, que implica la creación y el uso de modelos 3D inteligentes. Los profesionales de la construcción reconocen que BIM puede reducir muchos de los desafíos comerciales que enfrentan al permitir una colaboración más efectiva y brindar más información sobre el proyecto en una etapa inicial del proceso de diseño y construcción.

Los modelos BIM 3D son una gran herramienta en la fase de construcción para:

- Obtener una presentación visual de los sistemas constructivos o el montaje de los elementos del proyecto.
- Identificar conjuntos o ensambles de construcción.
- Pre-construir el proyecto antes de construirlo realmente y proporcionar información para una mejor programación de la obra.
- Visualizar, analizar, discutir y/o coordinar requerimientos de instalación con contratistas y/o subcontratistas.
- Extraer información de costos más precisa durante las primeras fases de toma de decisiones dentro del ciclo de vida del proyecto.
- Reducir el tiempo o procesos de cuantificación y estimación de costos.
- Contar con una base de datos sólida que permita rastrear los presupuestos durante la construcción.
- Explorar de una manera más sencilla diferentes conceptos y opciones de diseño dentro del presupuesto del propietario.
- Determinar rápidamente los costos de objetos específicos.
- Estimar el nivel de diseño requerido durante los trabajos de construcción.
- Mejorar el proceso de toma de decisiones.
- Mejorar la comunicación en relación con la seguridad en sitio. Los modelos 3D permiten planificar soluciones y facilitan significativamente tanto la transmisión como el entendimiento de la información.

- Obtener acceso remoto a la información, eliminando la necesidad de documentación en papel. En este caso, es esencial que los documentos de diseño sean coherentes con los modelos de información y que los planos sean obtenidos a partir de ellos.

Por otro lado, es importante no perder de vista que los modelos BIM 3D funcionan como una base sólida para procesos de simulación 4D y 5D, así como para procesos de evolución a modelos As Built.

BIM 4D programación de obra

La programación y la planificación de las tareas involucradas en la fase de construcción es fundamental en el proceso constructivo, de esto depende obtener la calidad y eficiencia establecidas en el proyecto. Son fundamentales para una construcción de alta calidad, con seguridad y eficiencia.

La simulación BIM 4D consiste en la vinculación de una línea de tiempo con el modelo BIM, permitiendo:

- Visualizar como se desarrollará el proyecto.
- Realizar la comprobación de la viabilidad de las diferentes opciones que optimizarán el mismo.
- Optimizar la planificación, gestión del proyecto y ejecución en obra.
- Lograr un continuo flujo de trabajo y reducir tiempos muertos.
- Practicar secuencias (simular) cuantas veces sea necesario antes de iniciar la ejecución en obra.
- Conocer al instante la repercusión de los cambios.
- Comunicar de forma clara y transparente.
- Facilitar el intercambio colaborativo.
- Realizar un control y seguimiento de la ejecución de la obra.
- Descubrir problemas o conflictos espaciales antes de que comience la construcción y durante toda la duración de la fase.
- Liderar el proyecto con un claro apoyo a la toma de decisiones.
- Mantener el proyecto dentro de los objetivos de costo, tiempo, seguridad y calidad.

Los sistemas de planificación 4D llevan implícito el concepto de espacio-tiempo, por lo que de forma natural ayudan a planificar las actividades que transcurren de forma sucesiva en una misma zona de trabajo.

Aunque el BIM 4D parece una solución natural en la detección de problemas en la fase de construcción, no existe actualmente un programa BIM que pueda gestionar por sí sólo el modelo 3D y al mismo tiempo planificar y/o gestionar los costos u otros aspectos o subsistemas que intervienen en la construcción. Es necesario combinar distintas plataformas para obtener los resultados esperados.

Simulación BIM 4D

Existen diversos factores que deben ser considerados al momento de ejecutar una simulación BIM 4D:

Factores Generales

- Las simulaciones BIM 4D deben estar presentes desde etapas tempranas del proyecto.
- La gestión del plazo consiste en ejecutar el proyecto en el periodo de tiempo fijado. La simulación 4D es un vínculo entre los objetos del modelo 3D y las tareas del programa del proyecto. Es un error pensar que los modelos BIM 4D son una alternativa a la gestión del tiempo, son un complemento.
- BIM 4D requiere el intercambio de datos bidireccional y certificado con sistemas de planificación estándar.

Modelos 3D

- El modelo 3D debe haber sido elaborado en una fase anterior del proyecto y la ejecución de las unidades de obra de ese modelo son las que se deben planificar.
- El modelo 3D que se modele debe incorporar la planificación o uso de la simulación 4D. Debe estar elaborado adecuadamente para el uso 4D.
- Asignar códigos compartidos entre los elementos 3D del modelo y las tareas permite la vinculación de datos de forma inteligente, rápida y precisa.

Programas de trabajo

- La elaboración del programa de trabajos corresponde al responsable del cumplimiento del plazo. Es necesario elaborar un programa para justificar el plazo que se considera adecuado para la ejecución de la obra.
- El diagrama Gantt o diagrama de barras no es el programa de trabajo, sólo es una representación gráfica del mismo.
- Las tareas de construcción deben ser fácilmente medibles para permitir medir el grado de avance de la obra y realizar el seguimiento del programa. Las actividades que se definan deben ser adecuadas para la asociación de los objetos 3D.
- Las actividades son estimaciones, por lo tanto, siempre estarán sujetas a un margen de error; el cual puede ser menor en tareas repetitivas y mayor en las actividades donde no se cuenta con experiencia.
- Identificar el orden de ejecución de las distintas tareas es primordial. Deben tener una secuencia lógica e interdependencia adecuadas para el proyecto.
- A cada tarea se le deben asignar los recursos que la van a ejecutar, con rendimientos medios de trabajo. Esto contribuirá en gran medida a los procesos de simulación BIM 5D.

Como se puede observar, la simulación BIM 4D es el proceso de analizar la secuencia de actividades, sus relaciones, duraciones, recursos, etc. para generar el modelo de programación adecuado para la ejecución de la obra. Generalmente el resultado inicial es un cronograma que excede los plazos, que no optimiza los recursos, y que necesita ser

revisado; sin embargo, es ahí donde el verdadero potencial de los modelos 4D surge, pues al contar con la simulación de la ejecución de la obra es como se puede optimizar el cronograma, analizar la ruta crítica, equilibrar los recursos, etc.

Por otro lado, una vez la obra esté en marcha, la simulación 4D permitirá controlar el estado del proyecto, es decir, si va avanzando según lo previsto o presenta desviaciones respecto al plan fijado.

Existen diversos softwares que nos permiten realizar este seguimiento, pero independientemente del que se use, la planificación debe ser elaborada conforme a las buenas prácticas de gestión de proyectos. Algunos de los softwares de simulación 4D son:

- Navisworks: Permite vincular una planificación realizada con aplicaciones de gestión tipo Project o primavera, o ejecutar la vinculación dentro del propio software mediante un diagrama de Gantt. Es una potente herramienta, siempre y cuando nos apoyemos en un programa de gestión externo.
- SYNCHRO: Permite vincular la planificación realizada desde un programa externo, o utilizar la herramienta interna para realizarla. La herramienta interna del software emplea un diagrama de Gantt usando el método del camino crítico, al igual que lo hace Project o Primavera; calculando el orden y los plazos asignados a las tareas. Permite crear una planificación tan compleja como sea necesario, facilitando la gestión y/o modificación desde el propio programa sin depender de terceros.
- VICO OFFICE: Permite realizar diagramas Gantt y gráficas de líneas de balance. Este último es utilizado en el sistema Last Planner. Compatible con Tekla Structures, Revit, ArchiCAD o formatos IFC.

BIM 5D estimación de costos

Una vez diseñado el modelo, es posible obtener cuantificaciones del número de elementos o componentes que lo constituyen. Esto puede derivar en una estimación o planificación de costos. A medida que las bibliotecas de datos van creciendo durante el proceso BIM, los usuarios pueden acceder a la información para compilar planes de costos rápida y eficientemente. Vale la pena destacar la previa planeación que estas bases de datos requieren, pues esto será un gran factor para mejorar la eficiencia, velocidad y confiabilidad del proceso de estimación de costos del proyecto.

Los involucrados en la fase de construcción deben conocer el sistema de clasificación de costos a utilizar en el proyecto. La elección de la clasificación de costos debe quedar clara desde el inicio del proyecto para todas las partes involucradas en el mismo, esto ayudará a la comprensión general del análisis de costo del proyecto.

Las simulaciones BIM 5D son una gran herramienta para revisar los datos rápidamente desde un punto de vista de estimación de costos, y proporcionan virtualmente retroalimentación inmediata de los costos a los diferentes diseñadores y/o al cliente. Esto también es una gran herramienta para estimar el nivel de diseño presente en el modelo BIM en cualquier momento.

Un proyecto implica una gran cantidad de costos, los cuales se distribuyen en la ejecución de las diversas actividades, la supervisión de los trabajos, los gastos de funcionamiento,

entre otros. En la fase de construcción, la gestión BIM de los costos es un aspecto fundamental en la construcción. La aplicación de la metodología BIM en esta fase actúa sobre los siguientes costos:

- Mano de obra: Horas de trabajo de los operarios, incluidas las cargas sociales y adicionales (trabajo nocturno, factor de riesgo, etcétera).
- Materiales: Productos y sistemas que quedan incorporados a la obra. Normalmente incluyen el suministro a pie de obra, impuestos, gastos aduanales, etcétera.
- Maquinaria: Costo de propiedad (amortización e intereses), costo de funcionamiento (combustible, lubricante, operador) y costo de mantenimiento (seguros, revisiones, reparaciones, refacciones, etcétera).

La metodología BIM en el nivel 5D permite:

- Vincular costos al modelo 3D, los cuales nos proporcionarán datos sobre las estimaciones precisas de costos.
- Modificar en tiempo real directamente sobre el diseño, mostrando cada evaluación y corrección a todos los agentes implicados.
- Establecer la cantidad de materiales o equipos necesarios para la construcción.
- Obtener datos precisos de costos desde la fase inicial de diseño.
- Actualizar el presupuesto con relación a los costos, gestionando con mayor exactitud los presupuestos constructivos.
- Generar mediciones de manera automática.
- Monitorear los costos de cada etapa del proyecto, desde el diseño hasta las fases de ejecución, construcción, explotación y mantenimiento.
- Realizar el seguimiento de las inversiones en toda la obra.
- Eliminar gastos inesperados.
- Tomar decisiones verdaderamente informadas.

Las simulaciones BIM 5D tienen una gran ventaja al generar estimaciones del presupuesto, ya que las mismas derivan de los mismos elementos que conforman el modelo, por lo cual, una modificación en los mismos significa una actualización en los costos estimados. Sin embargo, en ocasiones existe una desventaja, ya que no todos los elementos auxiliares del proceso constructivo se modelan, por ejemplo, los encofrados; por lo que no debe perderse de vista considerar y añadir los mismo en las partidas correspondientes. A continuación, se mencionan algunas recomendaciones generales para modelos 5D:

- Analizar los elementos 3D que requieren ser modelados, y distinguirlos de aquellos que puedan auxiliarse de un parámetro o atributo para ser cuantificados.
- Establecer una serie de normas respecto a los estándares de la construcción del modelo y nomenclatura de ficheros, con el objetivo de que los modelos sirvan como base para estimar cantidades, recursos y programaciones de obra para contratistas, subcontratistas y fabricantes.
- Utilizar el modelo federado para la simulación 5D, manteniendo a su vez la autoría y responsabilidad independiente de cada modelo.

- A la hora de extraer mediciones se debe tener claro cuáles serán extraídas directamente de elementos modelados geoméricamente, y cuáles de los datos y metadatos.
- La generación de presupuestos comienza leyendo los elementos, materiales y atributos que influyen en la medición desde el modelo, para asociar los ítems a las partidas de la base de precios y así adaptar los textos y descripciones a la realidad del proyecto que se está presupuestando.
- Tomar en cuenta que algunos elementos del modelo 3D tienen la complejidad de estar compuestos por capas, subelementos o piezas más básicas.
- La estimación de costos requiere la experiencia de un analista de costos.
- La extracción de datos del modelo es proporcional al proceso de alimentación de estos.

En general, la tecnología BIM es una gran herramienta para optimizar la productividad de los estimadores de costos mediante la extracción de cantidades del modelo, especialmente si el equipo de construcción y diseño trabajan en un entorno colaborativo. En el mercado existen diversos softwares para la gestión 5D. Algunos de los más empleados son:

- Presto Cost-It: Es un plug-in que se adapta al programa Revit. Entre otras funciones, proporciona sistemas de sincronización con el modelo y el presupuesto. Además, incluye gráficamente la información del presupuesto en el propio modelo.
- Cype Arquímedes: Es un programa para la elaboración de presupuestos y mediciones en edificios y construcciones civiles. La quinta dimensión BIM se puede aplicar a través del módulo presupuestos y mediciones de modelos de Revit. Este módulo, accesible a través de Arquímedes, conecta directamente con el programa de Autodesk permitiendo trabajar de forma simultánea.
- Assemble: Gestiona modelos BIM, dibujos y nubes de puntos. Realiza revisiones de diseño, gestión de licitaciones, cálculo de materiales, gestión de cambios, estimaciones, etc.
- Navisworks: Permite generar mediciones automáticas instantáneas al aplicar una asignación en los costos. Mide líneas, áreas, cantidades desde una vista 3D. Permite la exportación de datos en formato Excel.

Por último, es importante mencionar que los indicadores de desempeño durante la fase de ejecución de la obra permiten prever el resultado probable del proyecto en cuanto a costos y tiempo.

Norma Técnica MIC acerca de la simulación de construcción 4D y el 5D

Actualmente en México se está comenzando a definir la inclusión de MIC en los PPI (Proyectos y Proyectos de inversión) por lo tanto, aún no existen referencias puntuales en los proyectos de infraestructura que están iniciando o en proceso de aprobación, sobre cómo se aplicará la norma técnica.

La Norma técnica MIC (Modelado de Información de la Construcción), indica en las disposiciones generales que el formato de solicitud PPI, según el proyecto debe incluir modelos 4D y 5D, especificando lo siguiente:

- **Modelo BIM 4D.** Un modelo BIM desarrollado con una dimensión adicional a la 3D, el tiempo. También se le conoce como simulación 4D o planeación 4D.
- **Modelo BIM 5D.** Un modelo BIM desarrollado con una dimensión adicional a la 4D (o 3D), la información de costos.

Sección II. Planeación

- iii. Identificación del presupuesto asignado en relación con los componentes del Proyecto MIC a lo largo de la etapa de ejecución, mediante un modelo BIM 5D.
- iv. Identificación de la secuencia anual de construcción o equipamiento para los componentes del Proyecto MIC a lo largo de la etapa de ejecución, mediante un MIC4D.
- v. Calendarización mensual de avances físicos y financieros, para el ejercicio en curso conforme a la asignación presupuestal, mismos que deben ser congruentes con el programa de ejecución registrado para el ejercicio fiscal que se trate. Estas actividades se deberán realizar por medio de modelos BIM 4D y 5D.

Sección III. Elaboración y seguimiento de los avances físicos y financieros

1. Los informes serán presentados con información automatizada y actualizada respecto a los avances logrados al momento del requerimiento, obteniendo una comparativa entre el avance planificado y el avance real, haciendo visible y cuantificable dicho avance o desviación en todos los componentes del Proyecto MIC, mediante un ECD.
2. Para llevar a cabo la instrumentación de MIC en los informes de avances físicos y financieros se usará la Norma Oficial Mexicana aplicable; a falta de ésta, se deberá usar una Norma Mexicana o Estándar aplicable; y a falta de estas últimas, se deberá usar alguna Norma Internacional aplicable. Lo anterior conforme a la Ley de Infraestructura de la Calidad.
3. A continuación, se señala de manera enunciativa más no limitativa la documentación normativa, de estándares o de artículos en los que se sugiere utilizar la aplicación homogenizada de MIC en un proyecto, específicamente para:

- Estimación de cantidades y costos
- Planificación de fases

Las normativas mencionadas en la norma técnica están basadas en el documento BIM Project Execution Planning Guide.

Estimación de cantidades y costos Norma técnica MIC

Específicamente en la Norma técnica MIC se indica, BIM puede proporcionar efectos en los costos de adiciones y modificaciones, con el potencial de ahorrar tiempo y dinero y es más beneficioso en las primeras etapas de diseño de un proyecto.

Tomando como base que se debe partir de un modelo 3D que tenga información gráfica y de datos específica relacionada con costos y cronogramas de construcción, se plantea que los modelos deben facilitar a los dueños e interesados en el proyecto la toma de decisiones económicas valiéndose de los procesos enfocados en BIM para extraer información valiosa, además los cambios que requieren modificar los presupuestos deben visualizarse en los modelos para que los tomadores de decisiones logren una comprensión clara del resultado final, en caso de que las decisiones económicas requieran hacer modificaciones en el proyecto. Además, la dedicación de los encargados del proyecto puede centrarse en trabajar en la preparación para los procesos constructivos evaluando diferentes escenarios que les permiten ver la manera de optimizar la logística, reducir costos y tiempos en la construcción, controlar el desperdicio de materiales, manteniendo o mejorando la calidad del proyecto.

Algunos de los beneficios ya mencionados del uso BIM de Estimación de costos o extracción de cantidades – Simulación 5D en esta guía:

- Generar más estimaciones de costos a un ritmo más rápido.
- Proporcionar información de costos al propietario durante la fase inicial de toma de decisiones del diseño y durante todo el ciclo de vida, incluidos los cambios durante la construcción.
- Permitir a los estimadores centrarse en actividades de mayor valor agregado en la estimación, como: identificar ensamblajes de construcción, generar precios y factorizar riesgos, que son esenciales para estimaciones de alta calidad.
- Agregado a un cronograma de construcción (como un modelo 4D), una estimación de costos desarrollada en BIM puede ayudar a realizar un seguimiento de los presupuestos durante toda la construcción.
- Exploración más sencilla de diferentes opciones y conceptos de diseño dentro del presupuesto del propietario.
- Determinar rápidamente los costos de objetos específicos
- Es más fácil mejorar las estimaciones a través de este proceso altamente visual

Recursos necesarios:

- Software de estimación basado en modelos
- Software de creación de diseños
- Un modelo de diseño construido con precisión
- Datos de costos (incluidos datos MasterFormat y Unifomat)

Competencias requeridas para el equipo:

- Capacidad para definir procedimientos de modelado de diseño específicos que produzcan información precisa sobre el cálculo de cantidades.
- Capacidad para identificar cantidades para el nivel de estimación apropiado por ejemplo, ROM (Rough Order of Magnitude - estimaciones aproximadas del orden de magnitud), SF (Steel Framing - sistema constructivo en seco) etc, por adelantado
- Capacidad para manipular modelos para adquirir cantidades utilizables para la estimación.

Planificación de fases Norma técnica MIC

En la Norma técnica MIC, se describe que el modelado 4D es una poderosa herramienta de visualización y comunicación que puede brindar al equipo del proyecto, incluido el propietario, una mejor comprensión de los hitos del proyecto y los planes de construcción.

Un plan de ejecución BIM enfocado a la construcción debe considerar que los modelos deben ir evolucionando a medida que el proceso de diseño se va definiendo y la planificación de la construcción comienza, lo cual debería suceder desde las etapas iniciales, es decir desde el anteproyecto, por lo tanto, se observa que la norma técnica MIC considera que la variable del tiempo también debe incluirse desde una etapa muy temprana en el proyecto y los cronogramas deben ir evolucionando junto con los modelos. La logística de la construcción también debe planearse con base a los espacios disponibles a medida que el diseño va ocupando espacio, por lo tanto, los modelos 3D deben contener la información gráfica necesaria para que se pueda planear de manera anticipada como se gestionarán los espacios, se resolverán conflictos relacionados con los espacios donde trabajan las personas, procesos de carga y descarga de materiales, ensamblaje de piezas pre fabricadas y por supuesto la simulación de la construcción basada en un cronograma que pueda irse actualizando, etc.

Algunos de los beneficios ya mencionados del uso BIM Planificación de fases – Simulación 4D en esta guía:

- Mejor comprensión del cronograma de fases por parte del propietario y los participantes del proyecto y muestra de la ruta crítica del proyecto.
- Planes dinámicos de ocupación por fases que ofrecen múltiples opciones y soluciones a conflictos espaciales.
- Integrar la planificación de recursos humanos, equipos y materiales con el modelo BIM para programar y estimar mejor los costos del proyecto.
- Resolver conflictos espaciales y de trabajo identificados y resueltos antes del proceso de construcción.
- Utilizar la información con fines de marketing y publicidad.
- Identificación de problemas de cronograma, secuenciación o fases.

- Proyecto más fácilmente constructible, operable y mantenible.
- Supervisar el estado de adquisición de los materiales del proyecto.
- Mayor productividad y menor desperdicio en los lugares de trabajo.
- Transmitir las complejidades espaciales del proyecto, información de planificación y apoyo para realizar análisis adicionales.

Recursos necesarios:

- Software de creación de diseños
- Software de programación
- Software de modelado 4D

Competencias del equipo requeridas:

- Conocimiento de la programación de la construcción y del proceso constructivo general. Un modelo 4D está conectado a un cronograma y, por lo tanto, es tan bueno como el cronograma al que está vinculado.
- Capacidad para manipular, navegar y revisar un modelo 3D.
- Conocimientos de software 4D: importar geometría, gestionar enlaces a horarios, producir y controlar animaciones, etc.

Gestión de la calidad y flujos de trabajo en los modelos BIM

Uno de los mayores problemas que enfrenta la industria de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC) durante la fase de ejecución de un proyecto es el aseguramiento de la calidad.

Los proyectos de construcción tienen como objetivo entregar un producto a un cliente basados en un conjunto de estándares de calidad aceptados a nivel nacional / internacional, llamados especificaciones, establecidos por el cliente o representantes técnicos dentro del alcance, presupuesto y cronograma acordados con las partes interesadas involucradas. Sin embargo, los estándares de calidad, aunque estén bien documentados, no eliminan el riesgo de conflictos de calidad en los proyectos de construcción.

Si las fases anteriores se implementaron correctamente, debería ser posible extraer información del proyecto referente a las distintas especialidades con la certeza y calidad suficiente para ser usada en la ejecución de la obra. Así pues, el modelo BIM se puede utilizar para ejecutar y gestionar la construcción, pero es primordial que los modelos cumplan con los niveles de desarrollo necesarios para establecer un óptimo intercambio de información que permita la previsualización, la comunicación y el control de la evolución del proyecto entre las diferentes áreas involucradas.

Por ello, es de primordial importancia contar con un equipo BIM que tenga las competencias BIM necesarias, así como la experiencia en la ejecución de proyectos para la generación de la información y que, al mismo tiempo, pueda establecer un proceso de auditoría para la gestión de la calidad e integridad de la información del modelo BIM, este proceso de aseguramiento de la calidad en el modelo, es independiente de la revisión del diseño – constructibilidad del proyecto.

Un modelo BIM bien estructurado y coordinado es fundamental para la planificación de las fases de construcción y la comunicación efectiva con los contratistas y proveedores sobre tiempos, costos e impacto ambiental de los productos/actividades. Cuando exista una actualización en el proyecto, esta información nueva deberá ser proporcionada a través un proceso estandarizado con un flujo de trabajo eficiente y una comunicación efectiva entre las partes involucradas para ser representado en los modelos BIM y evaluar los posibles impactos que este cambio tiene al proyecto. Hay mucho que ganar durante el proceso de construcción in situ ampliando la aplicación de la metodología BIM. También existe la posibilidad de impulsar la automatización de la construcción, al tiempo que se introducen niveles más altos de control de calidad y seguridad, a través del método de prefabricación digital. Esto puede permitir elementos modularizados fuera del sitio y luego ensamblados con mayor certeza para un programa más rápido y predecible.

Con la capacidad de acceder a BIM in situ a través de dispositivos móviles, los operarios de campo pueden obtener acceso instantáneo a la información más reciente del modelo digital y la documentación más reciente. Los datos BIM también se pueden usar para monitorear el progreso con respecto al cronograma de construcción original u obtener listas de materiales actualizadas. Otras actividades de rutina, como los informes se pueden facilitar de manera más efectiva al integrar estos datos digitalmente con la base de datos BIM. Se deben realizar mejoras continuas y ahorros de costos utilizando los datos BIM para ayudar a la comunicación con los operativos en el sitio y para verificar el costo inicial y la programación de cada paquete de trabajo en relación con el progreso actual.

El gerente de construcción y el supervisor de campo trabajarán con el equipo de diseño para asegurarse de que se siga la intención del diseño, y ejecutarán sus propias detecciones de interferencias en todos los modelos. Con las herramientas de monitoreo y flujo de trabajo, los problemas identificados se pueden informar y rastrear hasta su resolución. La construcción se puede simular para asegurarse de que todo se construya a tiempo mediante el uso de métodos de planificación 4D en la gestión de la construcción. Es esencial para la viabilidad y el éxito de cualquier proyecto de construcción controlar que el costo real de la construcción se ajuste al presupuesto planificado. La tecnología BIM permite este control de principio a fin, facilitando informes de cantidad automáticos y valoración en cualquier fase de ejecución de obras. También permite una valoración más precisa de los costes de los procesos constructivos, que se pueden estudiar y programar en un entorno 3D en tiempo real. [Sigma](#) ofrece una estimación de costos tanto para los materiales como para el trabajo que debe realizarse con cada componente.

BIM también afectará la seguridad en obra, al planificar el espacio y tener todo visualizado para evitar malentendidos y mitigar riesgos durante la ejecución de las actividades en obra. Particularmente en un sitio restringido, las áreas de descanso y las zonas de elevación pueden analizarse previamente para garantizar un trabajo seguro. Los espacios de trabajo también se pueden visualizar haciendo las áreas más claras.

Una vez que el proyecto se construye y se entrega al propietario, esta información aún está disponible y se puede utilizar para la gestión de instalaciones, como para renovaciones. Este es un uso extensivo de modelos BIM. BIM también puede ser una parte importante de la construcción ajustada y otras herramientas / teorías en la gestión de proyectos.

Seguimiento de casos

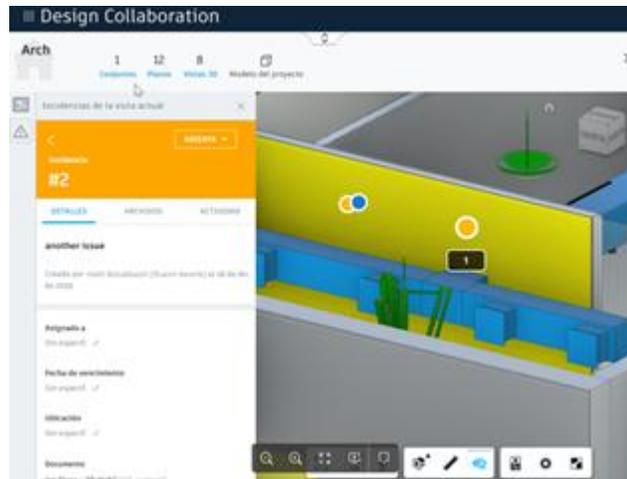
El proceso de seguimiento de avance de la construcción implica el monitoreo de la programación y secuenciación del modelo virtual contra el avance real de la construcción en el espacio físico. En los procesos de seguimiento de la obra, la identificación de la ruta crítica y la definición de una línea base de equilibrio son fundamentales.

La metodología BIM aplicada a la fase de construcción establece que, los equipos pueden utilizar incidencias u ordenes de cambio para identificar y comunicar inquietudes o mejoras en relación con los documentos del proyecto. Sin embargo, debe existir una asociación entre ambos; por lo tanto, se recomienda hacer uso de plataformas BIM que permitan mantener la vinculación entre las incidencias y los documentos que conforman el proyecto. La vinculación es necesaria pues permite el fácil acceso a la ubicación de la incidencia, así como la proyección de los impactos que esta causará en los procesos constructivos.

Por otro lado, es importante que el trabajo en campo establezca flujos o procesos para monitorear la calidad de la construcción, la seguridad y las actividades.

Algunos de los datos que debe contener el levantamiento de una incidencia en campo son:

- ID o Código de Identificación
- Título
- Tipo de incidencia
- Descripción
- Ubicación
- Estado
- Persona o responsable al cual se le asigna el seguimiento del caso
- Empresa o contratista responsable del seguimiento del caso
- Fecha y hora de creación
- Fecha y hora de vencimiento
- Persona o responsable de la creación del caso
- Empresa o contratista responsable de la creación del caso
- Documentación de soporte (fotografías, notas, etc)



La correcta gestión de las incidencias en campo permitirá la generación y distribución de informes al equipo de proyecto.

Pacific Center Field Issue Report 2017-11-08

Status	ID	Title	Assignee	Issue Owner	Type	Root Cause	Due Date
READY TO INSPECT	4	Crown molding Test Issue	Tristram Wallace Qualcomm	Tristram Wallace	Quality	Design Flaw	Nov 11, 2017
OPEN	5	Check scaffolding Scaffolding is not secure	Edward Roy Global Construction	Tristram Wallace	Safety	Workmanship	Nov 11, 2017
IN DISPUTE	6	Painting defects	Tristram Wallace Qualcomm	Tristram Wallace	Quality	Workmanship	Nov 06, 2017 overdue
OPEN	7	Patch hole in drywall Hole in drywall in bottom left corner. Please patch.	Subcontractor	Tristram Wallace	Quality	Trade Damage	Nov 06, 2017 overdue
CLOSED	8	Patch hole in drywall Hole in corner. Patch and prep for paint.	Subcontractor	Tristram Wallace	Quality	Trade Damage	Oct 26, 2017
CLOSED	9	Pendent Sprinkler Sprinkler head needs to be replaced	Contractor	Tristram Wallace	Quality	Incomplete Work	Oct 26, 2017
READY TO INSPECT	10	Divider isn't installed	Ben Johnson Michael Wall Engineers	Mike Levoie	Quality	Incomplete Work	Nov 11, 2017
OPEN	11	Drywall defect There is a hole in the drywall in the SE corner of room	Subcontractor	Mike Levoie	Quality	Trade Damage	Nov 10, 2017
OPEN	12	Drywall Defect There is a hole in the drywall in the SE corner of room.	Subcontractor	Edward Roy	Quality	Trade Damage	Nov 06, 2017 overdue
CLOSED	13	Missing blocking locations on floor Need to know where to put blocking	Contractor	Tristram Wallace	Quality	Incomplete Work	Oct 30, 2017
OPEN	14	Drywall defect Hole in SE corner of room	Subcontractor	Edward Roy	Quality	Trade Damage	Nov 11, 2017
OPEN	15	paint defect Trim pain needs another coat	Ben Johnson Michael Wall Engineers	Mike Levoie	Quality	Incomplete Work	Nov 10, 2017

Capítulo 7

Introducción a fase de Operación y Mantenimiento (O&M)

El desarrollo de MODELOS detallados en las fases de diseño y construcción proporciona información importante sobre la ubicación de los elementos, lo cual, en la etapa O&M facilita obtener datos acerca del acceso hacia los equipos, y realizar análisis de los sistemas, por ejemplo; de climatización, energía eléctrica, consumo de agua etc, para planear reparaciones, adecuaciones o modificaciones.

Temas:

1. BIM en operación y mantenimiento de un proyecto
2. Requerimiento de Modelo para mantenimiento en BIM
 - Gestión del modelo BIM para mantenimiento
 - Extracción de información para plan de mantenimiento
3. Gestión de activos
 - Gestión de espacios y seguimiento de activos
4. Plan de emergencia BIM
5. Plataformas de Nube en la Gestión de modelos

BIM en operación y mantenimiento de un proyecto

A lo largo del proceso de diseño y construcción de una obra se genera una gran cantidad de información; la cual, generalmente, queda reflejada en documentos conocidos como "As-Built". Al finalizar dichos procesos, todos estos datos deberán ser tratados de forma adecuada para poder disponer de información que permita gestionar el inmueble y los servicios.

En la actualidad, cualquier edificio, ya sea público o privado, cuenta con un equipo humano dedicado a la gestión de los activos en la fase de operación y mantenimiento. Durante esta etapa, estos gestores administran y utilizan grandes cantidades de datos complejos y dispares; los cuales, comúnmente, son almacenados en varios sistemas y softwares específicos (IWMS, ERP, BMS, etcétera). Sin embargo, estos sistemas tienen capacidades limitadas para la integración y visualización del activo. Por lo tanto, los gestores se auxilian de documentación gráfica del inmueble. La mayoría de estos documentos suelen ser planos de CAD que quedaron del proyecto original o, incluso, planos hechos a mano. En cualquier caso, podemos decir que es una documentación no actualizada, sin ningún tipo de conexión con otros documentos asociados como: garantías de equipos de instalaciones, manuales de uso, inventarios, superficies actualizadas, etc. Los profesionales de O&M están preocupados por operar y mantener edificios durante su ciclo de vida, ciclo en el cual normalmente existen períodos de operaciones alternados con períodos en los que tienen lugar las remodelaciones.

Algunos de los desafíos típicos que encuentran los gerentes de la O&M en la práctica son:

- Puesta en marcha: Uno de los principales problemas que vemos en torno a la administración de edificios es la pérdida de información relacionada con el edificio que generalmente ocurre durante las transferencias entre las distintas etapas.
- Participación temprana: Los gerentes de la O&M generalmente están ausentes durante las etapas de diseño, cuando pueden agregar valor real al proceso constructivo y al resultado final al agregar su experiencia al equipo.
- Relevancia de la fase O&M en el proceso constructivo: Generalmente en el ciclo de vida de un proyecto de construcción, las fases de diseño y construcción juegan un papel primordial; sin embargo, la mayor parte del tiempo, costos y esfuerzos se invierten en la fase de operación y mantenimiento del inmueble.
- Remodelaciones / Proyectos de O&M: Un ciclo de vida típico de un edificio se compone de varias remodelaciones durante su uso. En general, estas ocurren para adaptar el edificio a nuevos tipos de uso o para adaptarlo a los estándares modernos. Este tipo de proyectos suelen ser costosos o requerir mucho tiempo para su ejecución, lo cual representa pérdidas significativas en el retorno financiero de la inversión. Lo anterior debido a la falta de información respecto a proveedores, los activos relacionados o los tipos de sistema involucrados en el inmueble.

Dentro del uso de las nuevas tecnologías existe un enfoque llamado "Ciclo Exagerado", el cual describe el estado de adopción de estas. Por lo general, cada nueva tecnología pasa por esta etapa, lo que significa que al inicio de su implementación esperamos demasiado, es decir, las expectativas son muy altas. Sin embargo, las tecnologías no solo mejoran a través del tiempo, sino que también cambia la forma en que los usuarios tratan con ellas.

Los gerentes de la O&M deben conocer este principio en relación con la inclusión de BIM para esta etapa. Esto comienza con la vista de lo que BIM puede hacer. Los sistemas BIM son excelentes para modelar y apoyar procesos de diseño y construcción. Sin embargo, no ofrecen las capacidades típicas que los sistemas CAFM / IWMS ((Computer-Aided Facility Management / Integrated Workplace Management System) brindan en términos de apoyo financiero (formación y gasto del presupuesto) y gestión de la demanda (gestión de proveedores, gestión de órdenes de trabajo, etc.). Esto implica que la adopción de BIM requiera un enfoque de integración bien diseñado entre los sistemas BIM y el tipo de sistemas comerciales CAFM / IWMS. Por otro lado, no veremos sistemas CAFM / IWMS que alteren la geometría de los edificios en los modelos BIM directamente. En este dominio, los sistemas BIM muestran una gran fuerza. Esta es la razón por la cual los proveedores de CAFM / IWMS generalmente confían en los sistemas BIM para hacer ese tipo de trabajo.

Implementar BIM, en la fase de operación y mantenimiento, consiste en disponer de un modelo de información centralizado con una interfaz gráfica que permita simplificar y reducir los costos y tiempos de extracción, actualización y acceso a los datos, para obtener información real que permita operar, mantener y renovar los activos, así como tomar decisiones.

Algunas de las ventajas de implementar BIM en la fase de operación y mantenimiento son:

- Mejoras en la gestión de espacios.
- Aumento de la eficiencia y gestión simplificada de las instalaciones.
- Mejor comprensión de los costos y el uso operativo (ROI y gestión del ciclo de vida).
- Documentación as-built más precisa y completa para mantenimiento y futuras renovaciones.
- Control sobre el inventario de los elementos del edificio.
- Extracción de información precisa para informes de evaluación del edificio.
- Respuestas rápida y precisa ante emergencias y desastres.
- Colaboración temprana y en tiempo real de los profesionales de la O&M en la etapa de diseño.

Sin embargo, la gestión de los modelos BIM en la operación y mantenimiento del inmueble aún tiene un largo camino por recorrer para conseguir una implementación completa dentro del sector. Algunos de los principales problemas y dificultades que se presentan al implementar BIM en esta fase son:

- El modelo As-Built BIM es un modelo puramente geométrico; es decir, no contiene información, o la información existente no es suficiente para la gestión de la O&M.
- La concepción de la creación del modelo BIM es deficiente; es decir, existen omisiones, fallos e incongruencias en los elementos modelados. Por lo tanto, la información es errónea o poco fiable.
- Existe pérdida de información entre las distintas fases del proceso BIM.
- Generalmente los programas de modelado BIM no disponen de interoperabilidad con los softwares de gestión de la empresa (ERP, GMAO, etcétera).
- Los estándares BIM son distintos a los estándares utilizados en O&M; lo cual genera problemas de compatibilidad entre formatos.

- No existe seguimiento del proceso de actualización de los modelos BIM.

Algunas recomendaciones para implementar BIM en la fase de O&M son:

- La intervención del propietario y/o gestor del activo desde el inicio del proceso de diseño es vital para determinar las necesidades de información de la empresa, y así poder planear la construcción del modelo BIM para que contenga los datos necesarios para la fase de O&M.
- Es importante trabajar con un Entorno Común de Datos (ECD) para evitar la pérdida de información entre las fases del proceso constructivo.
- Es necesario que el ECD cuente con roles para que los distintos involucrados (stakeholders) puedan acceder fácilmente a la información o proporcionarla según sea el caso.
- Es primordial crear estándares BIM específicos para O&M o considerar dicho requerimiento dentro de los estándares BIM para la fase de diseño y construcción.
- Es necesario implementar un sistema de control de calidad del modelo durante las fases de diseño y construcción y extender el mismo a la fase de operaciones, ya que en esta última el modelo sufrirá actualizaciones.

Requerimiento de modelo para mantenimiento en BIM

Gestión del modelo BIM para mantenimiento

El mantenimiento es la tarea que garantiza la prolongación de la vida útil de las edificaciones, al evitar que con el deterioro queden inutilizables. Las características del mantenimiento y las reparaciones están en función de la tipología de la edificación en sí y se relaciona estrechamente con la época de construcción y los materiales que se emplearon en su ejecución. La planificación del mantenimiento en edificios puede evitar gastos innecesarios y pérdida de tiempo, pues la falta de esta implementación conduce a edificios degradados prematuramente, limitando su vida útil y deteriorando la calidad de sus servicios.

Un plan de mantenimiento de edificios se refiere a establecer procedimientos normalizados para administrar las acciones, ya sean preventivas o correctivas de un inmueble o grupo de éstos, con el propósito de atender mejor las necesidades que presentan los elementos componentes de un edificio. Para que el plan sea efectivo, debe ser continuo. El comportamiento de los sistemas del edificio y equipo deben ser monitoreados y documentados continuamente. Los registros de mantenimiento proporcionan continuidad y dirección.

Desarrollar los registros de inspecciones e intervenciones lleva tiempo, así se debe comenzar a registrar la información desde que se implementa la primera actividad del plan. La continuidad depende también de la habilidad de la organización para obtener mano de obra calificada y administración capaz. Esto debido a que, si la información de un edificio no es registrada, sino que se designa a la memoria de algunos individuos involucrados en las actividades de mantenimiento, esta información puede llegar a perderse y crear vacíos en el programa de mantenimiento. Esto se evita si este está bien organizado, documentado, se conoce su uso y los elementos con que está compuesto.

Con base en lo anteriormente descrito, podemos visualizar el área de oportunidad que tiene BIM en la fase de O&M. Aquí es donde la tecnología suena prometedora, ya que los modelos BIM O&M actúan como una base de datos organizada de tal forma que proporcionará información funcional y bien documentada.

Se puede argumentar que los modelos BIM suelen convertirse en los "gemelos digitales" de los edificios físicos ya que representan la condición real y el estado de todos sus activos.

Para desarrollar un modelo BIM funcional para la fase de O&M es necesaria una implementación integral desde el inicio del proyecto; es decir, concebir modelos BIM que estén bien integrados a la infraestructura de información y conectados a los procesos operativos de O&M. La adopción de BIM en esta etapa se traduce, principalmente, en un ejercicio de gestión de la información.

Para concebir un modelo BIM funcional para la fase de O&M es importante abordar algunos aspectos fundamentales:

- ¿Qué tipo de modelo espera el propietario del inmueble para esta etapa?
- ¿Qué información se necesita en el modelo para soportar la planificación de las operaciones y el mantenimiento?
- ¿Qué procesos, roles y responsabilidades se requieren para la creación y el mantenimiento de los datos en la fase de O&M?
- ¿Cuándo deben ser recopilados los datos y qué métodos se deben usar para ingresarlos al modelo?
- ¿Cuál es el nivel de conexión e interoperabilidad de BIM con sistemas de gestión específicos para esta fase?
- El modelo BIM O&M se deriva del modelo BIM As-Built. Aunque en muchos casos se entiende como un único modelo, estos dos modelos responden a dos propósitos distintos, por lo que un modelo BIM As-Built debe adaptarse si se quiere usar para propósitos de operación y mantenimiento.
- Los modelos As-Built contienen información de detalles constructivos, documentación desarrollada durante el proceso constructivo y documentación derivada de los cambios y/o actualizaciones que van surgiendo durante la construcción y la puesta en marcha. Este tipo de modelos funcionan como fuente autorizada y de referencia de lo que está y cómo está construido en el edificio. Sin embargo, algunos de los datos contenidos en este modelo no son relevantes para el modelo BIM O&M.
- El modelo BIM O&M es una fuente de información real de aspectos físicos de un edificio incluyendo: sistemas estructurales, tipos de acabados, tipos de iluminación, sistemas de energía, sistemas de plomería, sistemas de protección contra incendios y sistemas de aire acondicionado. Por lo que, gestionar las operaciones desde el modelo implica un gran conocimiento en el software de modelado. Es por ello que es importante entender que el modelo BIM O&M debe estar adaptado para su posible vinculación al sistema de gestión de las instalaciones.
- El modelo BIM O&M funciona como una fuente de datos viva para el mantenimiento y las operaciones, la cual respaldará la gestión de todo el ciclo de vida del edificio.

- Aunque la información pueda ser rastreada por un sistema de gestión en el modelo BIM, la parte fundamental es determinar la fuente de cada conjunto de datos. Es decir, que datos tenemos en el modelo BIM O&M y que datos administraremos en el sistema de gestión de O&M.
- Al hablar del modelo BIM O&M como una base de datos, es importante comprender que uno de los requerimientos principales del modelo es la exactitud e integridad de la información (datos). Por ello, es fundamental aplicar y cumplir con la adopción de estándares, ya que estos proporcionan información más precisa y facilitan la integración de datos de calidad entre los diferentes agentes involucrados en el sector AEC.
- Por otro lado, la fuente de los datos (toma de datos) deberá ser una combinación de trabajo en sitio y basado en la documentación existente. Existe la posibilidad de recurrir a levantamientos por nube de puntos.

Las principales consideraciones que los modelos BIM O&M deben cumplir son:

- Pueden omitir el modelado de elementos decorativos u ornamentales; en cualquier caso, estos pueden ser un modelado de tipo esquemático.
- Todos aquellos elementos que intervengan en futuros análisis energéticos (superficies de cristal, cerramientos, composición de capas en cubiertas, etcétera), o que permitan calcular las condiciones de consumo del edificio, deberán modelarse de tal forma que los datos contribuyan o sean fuente para ejecutar cálculos energéticos.
- Los elementos fijos del edificio (columnas, muros de contención, escaleras, elevadores, etcétera) deben priorizarse y ubicarse con la mayor precisión posible.
- Los espacios e interiores deben modelarse de tal forma que aporten toda aquella información sobre los elementos que sean susceptibles a programas de mantenimiento o a ser inventariados.
- Los modelos deben contar con información exacta sobre las alturas entre plantas, esto permitirá mayor precisión en los cálculos energéticos y de renovación de aire.
- Los modelos deben contener todos los equipos que requieren protocolos de mantenimiento para su correcto funcionamiento (UMA, Fan & Coil, equipos de bombeo, calderas, etcétera).
- Todos los ductos de climatización, redes hidrosanitarias, redes de telecomunicaciones, redes eléctricas y trayectorias de instalaciones similares deben, al menos, representarse y localizarse con familias esquemáticas que contengan información de utilidad.

Extracción de información para plan de mantenimiento

Una vez tenemos el modelo BIM para O&M, disponemos de un valioso medio para un control eficaz de su explotación y tareas de mantenimiento, teniendo aquellos datos relevantes de las instalaciones, como, por ejemplo:

- Modelos
- Números de serie
- Códigos o ID
- Información sobre garantías
- Instructivos o manuales con operaciones de mantenimiento y periodicidad

Gestión de activos

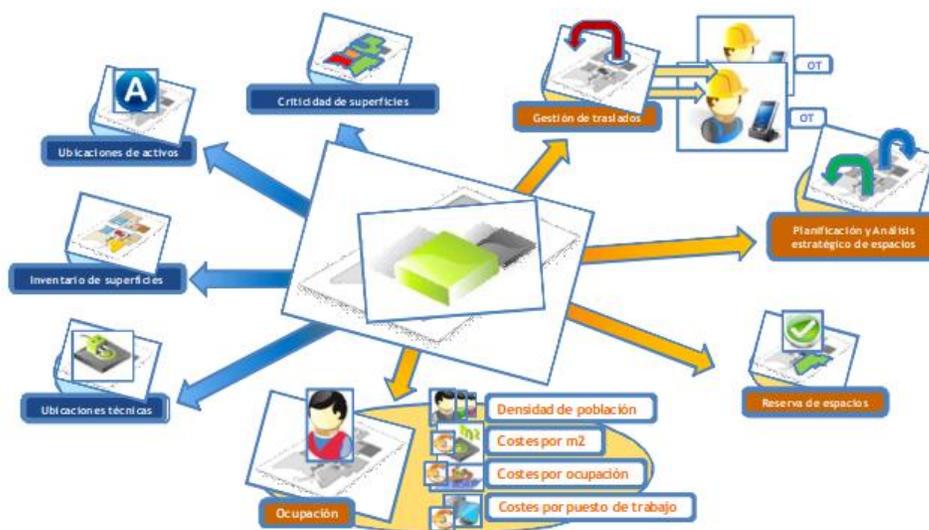
Gestión de espacios y seguimiento de activos

Los modelos BIM para O&M generalmente son un concepto relativamente nuevo en aplicaciones de Facility Management. Las prácticas e incluso términos de gestión del proceso BIM están todavía en proceso de desarrollo. Los procesos de gestión de la propiedad pueden ser apoyados a través de aplicaciones basadas en modelos a diferentes niveles y para gran variedad de necesidades de información: gestión operativa de bienes, prestación de servicios, etc.

Al hablar acerca de la gestión de espacios se puede mencionar que el uso de la metodología BIM permite:

- Distribuir, gestionar y realizar seguimiento de espacios y sus instalaciones.
- Ubicar personas, componentes y localizaciones técnicas.
- Posibilitar la administración eficiente y coordinada de los espacios físicos.
- Definir regiones o zonas concretas para prever los tiempos de respuesta de actuación ante diferentes criterios de importancia.
- Calcular diferentes factores y detalles de cada espacio previamente determinado.
- Realizar divisiones lógicas de los inmuebles según especificaciones de uso o tipología.
- Imputar costes.

Para ello, los modelos BIM para O&M deben proporcionar datos precisos sobre la ubicación y la gestión gráfica y estratégica de los espacios. Un adecuado modelo de información para el equipo de gestión permite analizar el uso existente y planificar transiciones de futuros cambios, por lo que se puede asegurar el uso correcto y óptimo del espacio a la vez que se actualiza el historial de uso y ocupantes. El principal objetivo es identificar con mayor facilidad el espacio, aumentar la eficiencia en la transición y gestión, llevar un registro de los recursos y espacios y planificar necesidades.



Por otro lado, si de gestión de activos se trata, la metodología BIM permite:

- Mantener localizados los bienes y activos físicos, de sistemas, de entorno y equipamiento para que estos sean controlados y gestionados eficientemente.
- Definir los activos disponibles por categoría.
- Gestionar y controlar los activos conociendo en todo momento su estado dentro del ciclo de vida del edificio.
- Evaluar factores como costos, ubicación, etc.

En este caso, las plataformas de gestión FM deben asegurar el beneficio de la propiedad y los usuarios de la manera más efectiva. Mientras que los modelos BIM para O&M deben cumplir con la principal función de servir de ayuda en las tomas de decisiones financieras y planificaciones a corto, mediano y largo plazo. A pesar de las muchas aplicaciones, los datos BIM sólo son una parte de la gestión, especialmente en grandes inmuebles y edificios complejos.

Ligados a la gestión de activos encontramos módulos del siguiente tipo:

- Gestión del sustitutivo, una vez los activos llegan al final de su vida útil, siendo necesario llevar un control de su fin de vida y de la sustitución.
- Gestión económico-financiera para el cálculo de los gastos derivados de su gestión y para elaborar presupuestos.
- Mantenimiento preventivo y operativo, ya que estos pueden modificar el ciclo de vida de los activos.
- Gestión gráfica de espacios, para visualizar los activos en relación con los espacios de la organización y realizar cambios de ubicación, criticidad, zona, etc.



En el caso de información gestionada por otras plataformas de información (recursos humanos, equipo TI, inquilinos, etc) tiene más sentido vincular el modelo BIM a estos sistemas, estableciendo un entorno integrado que permita mantener la bidireccionalidad entre el sistema de gestión y la plataforma de modelado BIM.

Los espacios son la pieza fundamental en estos procesos de gestión, pues representan el elemento clave para las actividades y servicios de gestión de instalaciones. Sin embargo, este aspecto a menudo se subestima, tanto en las fases de diseño como de gestión, lo

- La Conectividad IoT utiliza sensores físicos instalados en el activo que alimentan continuamente al modelo con datos sobre rendimiento, condiciones ambientales, consumo energético, entre otros.
- En los gemelos digitales se debe usar estándares abiertos como IFC (Industry Foundation Classes) y entornos de datos comunes (CDE) recomendados por normas como la ISO 19650, lo que permite que distintas plataformas y disciplinas colaboren eficientemente.
- Al estar conectado a los sistemas, la simulación y predicción de escenarios futuros, permite hacer mantenimiento predictivo y mejorar la toma de decisiones en operación y mantenimiento.

Requerimientos para implementar un BIM Digital Twin

Trabajar con gemelos digitales requiere una combinación estructurada de procesos, estándares, tecnologías y capacidades organizativas. Los objetivos BIM para incluir los gemelos digitales deben estar especificados hacia el uso que se les dará:

- Ahorro energético
- Seguridad en tiempo real
- Gestión de activos y mantenimiento
- Simulación y planificación de cambios
- Cumplimiento de indicadores ESG (Environmental, Social and Governance) para evaluar el desempeño de sostenibilidad y responsabilidad corporativa.

Los Modelos BIM deben contar con niveles de desarrollo adecuados (LOD 400 y superior), estándares abiertos como IFC, COBie, y estructuras basadas en la ISO 19650 para la gestión de la información, metadatos estructurados (propiedades físicas, funcionales, de mantenimiento).

Debe existir un Entorno Común de Datos (CDE) con control de versiones y acceso multiusuario, plataforma de integración IoT con dispositivos/sensores en sitio (temperatura, humedad, CO₂, movimiento, energía, etc.), sistema de almacenamiento y gestión de datos, capacidad de infraestructura para la visualización en tiempo real, análisis predictivo, Inteligencia artificial y automatización.

Deben definirse los Protocolos de integración para conectar sensores con el modelo, modelos de datos IFC estandarizados para facilitar la conexión, y estándares de ciberseguridad para la protección de datos.

En el Plan de Ejecución BIM (BEP) debe estar definido los usos, procesos y estándares de operación y mantenimiento con la estrategia de gestión de los activos más los roles y responsabilidades del equipo de Facility management, plan de capacitación específica para gestionar los gemelos digitales incluyendo mantenimiento predictivo, análisis de datos y la infraestructura de software y hardware que será parte del proceso BIM para gestionar la información de operación y mantenimiento.

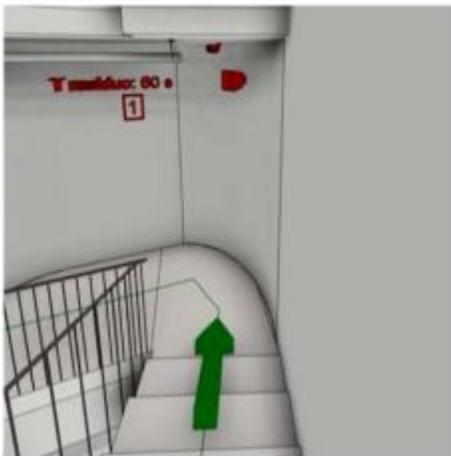
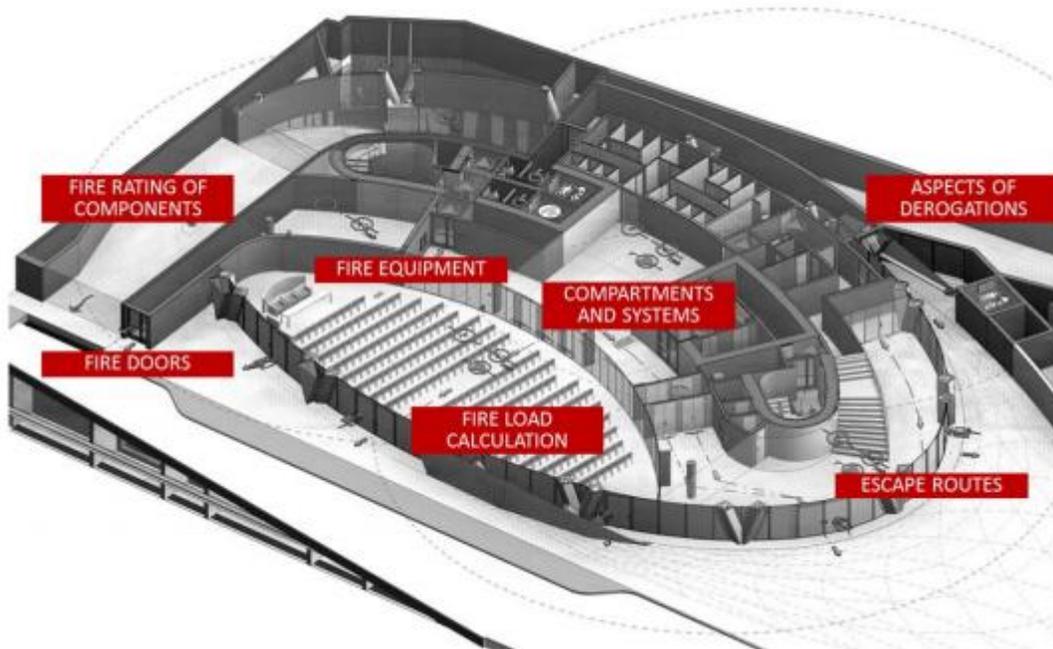
Plan de emergencia BIM

El uso de modelos digitales y métodos avanzados brinda oportunidades significativas para integrar aspectos de diseño, construcción y administración de un inmueble. En este escenario, la gestión de seguridad debe prever necesariamente la adopción de una plataforma innovadora que cuente con herramientas que permitan que la información y los atributos del espacio estén prácticamente disponibles, así como la visualización de los escenarios de posibles accidentes y las medidas compensatorias relacionadas.

En este contexto, la explotación del modelado de información de construcción puede considerarse un desarrollo técnico y tecnológico para establecer un modelo de gestión que integre las disciplinas de gestión de seguridad dentro de un proceso optimizado desde las primeras etapas del ciclo de vida del edificio. El modelo BIM está configurado como el entorno virtual donde se pueden desarrollar funcionalidades para especificar medidas y parámetros de la estrategia de seguridad, reduciendo operativamente las acciones de gestión de seguridad extendidas tanto el edificio como los alrededores.

A continuación, se describen las principales consideraciones y aplicaciones realizadas en el campo de la gestión de seguridad en los modelos BIM para O&M:

- **Diseño del sistema de protección contra incendios:** En el desarrollo y desglose del modelo existen ciertos elementos que pueden realizarse en conjunto con otras disciplinas, por ejemplo: las propiedades atribuidas a estructuras de carga como pinturas o materiales retardantes del fuego. Sin embargo, elementos como medios de extinción, señalización y rutas de escape deben manejarse a través de un modelo independiente a otras disciplinas, manteniendo siempre la relación con las mismas.
- **Especificaciones de los sistemas:** La información de los sistemas debe permitir verificar opciones de diseño, con el fin de cruzar rápidamente estos datos con las características de los espacios (número de ocupantes, uso previsto, etc.).
- **Rutas de escape:** Los modelos deben representar la distancia de desplazamiento horizontal y vertical a las salidas de emergencia (hacia arriba y/o hacia abajo) de tal forma que se puedan realizar cálculos y verificaciones automáticas de las longitudes relativas.
- **Simulaciones:** De acuerdo con la utilización del edificio y la carga de ocupantes del sitio, los modelos deben fungir como entornos para realizar simulaciones de salida de ocupantes hacia lugares seguros.

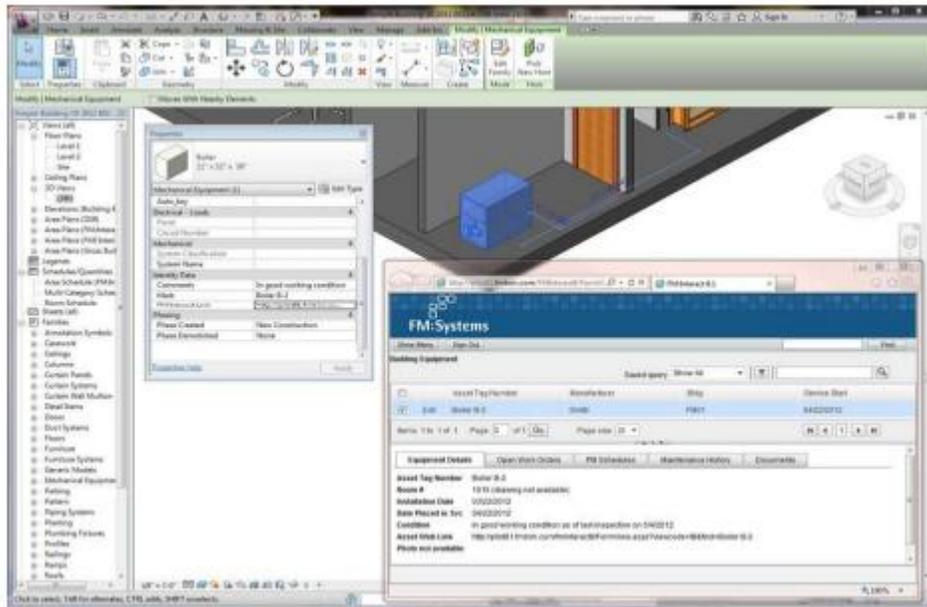


Plataformas de nube en la gestión de modelos

Entre las plataformas disponibles para O&M que actualmente ya incorporan la posibilidad de conexión con plataformas BIM, se encuentran las siguientes:

- FM-INTERACT:** Desarrollado por FM:Systems. Se trata de una suite modular de aplicaciones basadas en la web que permiten acceder y analizar las instalaciones, bienes inmobiliarios y el mantenimiento en tiempo real. Dispone de un componente de integración de BIM con Autodesk Revit, que permite crear un vínculo bidireccional entre los modelos de Revit y FM:Interact. Con esta integración los usuarios pueden publicar planos de los modelos Revit en FM:Interact; administrar el inventario de espacios real, las asignaciones y la ocupación, y sincronizar las

familias de los modelos de Revit con la construcción de sistemas de datos en el módulo de mantenimiento de las instalaciones. La bidireccionalidad entre el software de Autodesk y FM:Interact, gracias al plug-in, permite editar tanto en Revit como en el navegador, al igual que elegir qué parámetros de familias mapear a la base de datos de FM. La solución permite al equipo de FM sin conocimientos previos de BIM consultar una plataforma web para PC y móviles de gestión con toda la información necesaria junto con una vista 3D del edificio.



- **ARCHIBUS-BIM:** Plataforma informática que centraliza la información sobre los inmuebles en propiedad y arrendamiento y ofrece cuadros de mando y herramientas analíticas de apoyo a la toma de decisiones. La combinación de BIM-GIS en ARCHIBUS, da una dimensión geoespacial en la gestión de edificios y análisis de procesos. La tecnología de Integración "Connector" de ARCHIBUS posibilita una fácil integración con los BMS, para, por ejemplo, realizar mediciones automáticas de consumo de agua, gas o electricidad y analizar este consumo por regiones, ciudades, sedes o edificios, plantas o espacios. También permite crear inventarios e introducir datos en Revit de manera que éstos puedan ser gestionados posteriormente en ARCHIBUS o exportados en hojas de datos cumpliendo con el formato COBie.
- **IBM SMARTER BUILDING (TRIRIGA Y MAXIMO):** Proporciona un sistema para la gestión del ciclo de vida de las instalaciones mediante procesos automatizados para aumentar la visibilidad, control y automatización de la gestión inmobiliaria, proyectos de inversión, gestión de espacios, mantenimiento de las instalaciones y la gestión de la energía. Se complementa con la solución IBM Maximo Asset Management, que le proporciona un punto de control para todos los tipos de activos: producción, infraestructura, instalaciones, transporte y comunicaciones, al gestionarlos desde una plataforma común. Esta plataforma permite compartir y aplicar las mejores prácticas, inventario, recursos y personal. Revit se conecta a

IBM Máximo mediante un plugin “Maximo Integration for Autodesk Revit”, permitiendo publicar desde Revit los datos que Máximo necesita de los elementos que componen el edificio. Además, permite también exportar en formato COBLe.

- **ARCHIFM:** Es una herramienta que se integra con la solución BIM ArchiCAD de Graphisoft. Incluyendo: la planificación de Activos ArchiFM (utilizados para administrar las propiedades de inmuebles y edificios con material y equipo técnico dentro de la instalación), el mantenimiento ArchiFM (centrado en la planificación de atención/actividades de mantenimiento de las instalaciones y el control de sus costos), y ArchiFM Reporting Services ProFM (el módulo de información basado en la web de ArchiFM que permite generar informes en tiempo real y muestra/edita en un navegador web, sin necesidad de que los usuarios instalen otras aplicaciones para ejecutar, exportar o imprimir informes). Al ser un programa que inicialmente se desarrolló dentro del entorno de ArchiCAD la conexión con el entorno BIM de ArchiCAD es bidireccional.
- **BENTLEY FACILITIES:** Es la aplicación de Bentley para la gestión operativa del espacio y de los activos. Bentley Facilities está totalmente integrado con las aplicaciones BIM de Bentley. La información sobre el espacio creado durante el proceso de diseño/construcción se puede utilizar posteriormente durante la fase de operación del edificio.
- **AUTODESK BUILDING OPS:** Autodesk Building de Ops es una solución móvil de mantenimiento de los edificios. Permite impulsar el mantenimiento de activos mediante la conexión con Autodesk Revit, Autodesk BIM 360 Field, Panoramic Power, y hojas de cálculo. Entre sus funciones están la personalización de informes de activos y entradas, estadísticas de la cartera de inmuebles y configurar órdenes de trabajo. Permite una experiencia con el “Internet of the Things”, mediante la conexión de sensores inalámbricos, con alimentación propia de Panoramic Power.
- **YOUBIM:** Es una solución SaaS (Software como Servicio) basada en la nube, que busca ampliar el valor de BIM en todo el ciclo de vida del edificio, mediante la integración de información, y haciéndola disponible de manera instantánea, y en forma de modelos 3D online, ricos en datos. El proceso de implementación de los proyectos en YouBIM es extremadamente sencillo, no requiere plataforma específica de creación. YouBIM puede manejar archivos de Revit, Bentley, Tekla, Archicad, PDS, etc., de manera simultánea, subiendo la geometría a la nube, y haciéndola navegable sin necesidad de experiencia.

Plataformas para gestión de gemelos digitales (BIM Digital Twin)

Las plataformas para gestionar gemelos digitales son entornos tecnológicos que permiten visualizar, conectar, analizar y operar modelos digitales de activos físicos en tiempo real. Estas plataformas son clave para extender el uso del modelo BIM más allá de la construcción, hacia mantenimiento, eficiencia operativa, sostenibilidad y decisiones estratégicas durante la etapa más larga de un proyecto de construcción o infraestructura.

A continuación, se mencionan las plataformas BIM Digital Twin y el enfoque que cada una tiene:

Autodesk Tandem: enfocado en la operación de activos basada en datos BIM. El flujo de trabajo está basado en Revit y Construction Cloud, es de fácil conexión con sensores IoT. Los principales usos que se pueden trabajar en Autodesk Tandem son:

- Centralización de información basada en las fases de diseño trabajando con plantillas que contienen parámetros definidos para identificar los activos, lo cual facilita la validación de la información del proyecto.
- Mantenimiento preventivo. Al conectar los sistemas con sensores es posible obtener datos de funcionamiento en tiempo real, guardar históricos del comportamiento de los activos los cuales se pueden visualizar y cargar en un dashboard para el monitoreo constante, y así poder determinar PKIs, programar mantenimientos preventivos y detectar anomalías que puedan surgir, todo lo anterior permitirá realizar un análisis del estatus de todos los activos conectados para lograr una planificación adecuada, prever reemplazo de equipos, o compra de insumos, programar de forma prioritaria mantenimientos para corregir fallas y evitar daños costosos.
- Las funcionalidades de seguimiento digital permiten mantener un historial de cambios facilitando la trazabilidad de los activos, esto se logra porque se vinculan metadatos relacionados con fabricantes, instalación, manuales de operación, ubicación, reportes, estado actual y ciclo de vida.

Bentley iTwin: Enfocado en proyectos de infraestructura y activos industriales tiene alta interoperabilidad con IFC, GIS, SCADA e IoT. Cuenta con funciones de visualización 4D/5D, análisis en tiempo real, simulación de condiciones.

iTwin es compatible y complementario con BIM, pero está diseñado como un sistema multi-modelo y multi-origen más robusto, ideal para infraestructura compleja, interoperabilidad y gestión integral. Puede integrarse como alternativa o complemento estratégico para proyectos que van más allá del ámbito AE tradicional.

Apéndice

1. **Sigma Six:** es una metodología enfocada en reducir el desperdicio controlando las variaciones de los procesos a través de herramientas estadísticas y administrativas. Los desperdicios que trata de eliminar son; defectos, sobre producción, espera, talento no utilizado, transportes innecesarios, inventario, movilidad innecesaria.

Sigma six mejora los procesos basados en cinco pasos:

- **Definir** el objetivo del proyecto y requerimientos del cliente.
- **Medir** las variables clave del proceso para determinar su actual rendimiento.
- **Analizar** y determinar las causas raíz de la variación.
- **Mejorar** el proceso eliminando las causas raíz.
- **Controlar** el rendimiento de los futuros procesos.

Existen varias herramientas en el mercado para gestionar proyectos que incluyen esta metodología. Se indica una referencia a continuación.

<https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/lean-six-sigma>

Bibliografía

Introducción a BIM

- Autodesk, What is BIM? (2020) - <https://www.autodesk.com/solutions/bim#>
- National Institute of Building Standards (2019) <https://www.nationalbimstandard.org/>
- GSA 3D – 4D Building Information Modeling (2019-02-26) <https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/3d4d-building-information-modeling>
- Standord University, [Kam, C, Senaratna, D, Xiao, Y, McKinney, B](https://purl.stanford.edu/st437wr3978) (2013) <https://purl.stanford.edu/st437wr3978>
- ISO, ISO/TS 12911:2012 Framework for building information modelling (BIM) guidance (2012-09) <https://www.iso.org/standard/52155.html>
- U.S. National Building Information Modeling Standard (NBIMS-US), Fuente: Planning guide for facility owners a Building Smart alliance project Ver. 2.0, PENN STATE, Computer integrated construction (June 2013)
- Dimensiones BIM, Carla Monfort Pitarch, (2014/2015), IMPACTO DEL BIM EN GESTIÓN DEL PROYECTO Y LA OBRA DE ARQUITECTURA
- Planning Guide for facility owners a Building Smart alliance project Version 2, June 2013, BIM.PSU.EDU
- ¿CUÁLES SON LOS BENEFICIOS DE BIM?, Autodesk Inc, (2020) <https://www.autodesk.mx/solutions/bim/benefits-of-bim>
- UCI – Universidad para la Cooperación Internacional, ¿Conoce cuál es el Modelo de Madurez de su organización? (agosto 2020) <https://uci.ac.cr/gspm/modelo-de-madurez-direccion-proyectos/#:~:text=El%20modelo%20de%20madurez%20organizacional,mejores%20pr%C3%A1cticas%20en%20esos%20%C3%A1mbitos.>
- El ciclo de vida del proyecto, (Noviembre 3, 2016) <https://ingvictorcruz.blogspot.com/2016/11/el-ciclo-de-vida-del-proyecto.html>
- 2020-08-19 Arq. Belem Duarte Bouchez / BIM Manager Ingeniería Ambiental Euria S.A. de C.V. <https://www.conexiones365.com/nota/expo-cihac/tecnologia/bim-en-infraestructuras>
- NORMA Técnica que regula el Modelado de Información de la Construcción en proyectos de obra pública de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. <https://sidof.segob.gob.mx/notas/docFuente/5716954>
- ## BIM Manager
- Lucidchart, Qué es la notación de modelado de procesos de negocios, (julio 2020) https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-la-notacion-de-modelado-de-procesos-de-negocio#discovery_top
- Investigación de operaciones, CPM (Critical Path Method) - Método de la Ruta Crítica, (julio 2020), <http://www.investigaciondeoperaciones.net/cpm.html>.
- CSI, Omniclass, Construction Specifications Institute (julio 2020) <https://www.csiresources.org/standards/omniclass>
- Planning Guide for facility owners a Building Smart alliance project Version 2, June 2013, BIM.PSU.EDU

U.S. National Building Information Modeling Standard (NBIMS-US), Fuente: Planning guide for facility owners a Building Smart alliance project Ver. 2.0, PENN STATE, Computer integrated construction (June 2013).

Estrategia para implementación BIM

Estándar BIM para proyectos públicos, (junio 2019) <https://planbim.cl/estandar-bim-para-proyectos-publicos/>

Lockamy III, A., & McCormack, K. (2004). The development of a supply chain management process maturity model using the concepts of business process orientation. Supply Chain Management: An International Journal.

Ingibjörg Birna Kjartansdóttir Stefan Mordue Paweł Nowak David Philp Jónas Thór Snæbjörnsson. (2017). Building Information Modeling BIM. Iceland, Great Britain: Civil Engineering Faculty of Warsaw University of Technology, Warsaw.

PMG Business Improvement. (2018). Proyecto diagnóstico de formación de capital humano en BIM. Chile: PMG.

Ingibjörg Birna Kjartansdóttir Stefan Mordue Paweł Nowak David Philp Jónas Thór Snæbjörnsson. (2017). Building Information Modeling BIM. Iceland, Great Britain: Civil Engineering Faculty of Warsaw University of Technology, Warsaw.

Plan de ejecución BIM (BEP)

JOHN MESSNER, CHIMAY ANUMBA, CRAIG DUBLER, SEAN GOODMAN, COLLEEN KASPRZAK, RALPH KREIDER, ROBERT LEICHT, CHITWAN SALUJA, AND NEVENA ZIKIC. (2019). BIM Project Execution Planning Guide - Versión 2.2. Penn State, USA: Penn State University.

ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA EDIFICACIÓN, S. C. (2016). INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - MODELADO DE INFORMACIÓN – ESPECIFICACIONES. En PARTE 1: PLAN DE EJECUCIÓN PARA PROYECTOS. México: Diario Oficial de la Federación.

FIU BIM Committee. (2014). Building Information Modeling (BIM) Standard & Guide. Florida, US: Florida International University.

Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling - Part 1: Concepts and principles (ISO 19650-1:2018).

The British Standards Institution. (2018). Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. Great Britain: BSI Standards Limited.

Ejecución BEP

Autodesk. Coordination Guide, Autodesk (2020): <https://bim360resources.autodesk.com/bim-coordination/coordination>

Planbim. (2019). Estándar BIM para Proyectos Públicos. Santiago, Chile: Comité de Transformación Digital.

Grupo Técnico de Trabajo de Estandarización. (2017).

Guía Inicial para Implementar BIM en las Organizaciones. Chile: CDT.

BuildingSMART. (2014). Guía de Usuarios BIM.

Aseguramiento de la Calidad. BuildingSMART.

Fase de Construcción

Vozzola Mariapaola, Gregorio Cangialosi, Massimiliano Lo Turco. (2011). BIM Use in the Construction Process. Torino, Italy: Dept. of Building Engineering and Territorial Systems.

Krueger, K. (2013). What BIM means to the construction process. UK: London: E&F N Spon

Frederick S. Merritt & Jonathan T. Ricketts. (2001). Building Design and Construction Handbook. United States: McGraw-Hill.

Holzer, Dominik. (2015). The BIM Manager's Handbook. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd..

Eynon, John. (2016). Construction Manager's BIM Handbook. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd..

Dana K. Smith, Michael Tardif. (2009). Building Information Modeling - A Strategic Implementation Guide. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd..

Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston. (2011). BIM Handbook. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd..

NORMA Técnica que regula el Modelado de Información de la Construcción en proyectos de obra pública de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes.
<https://sidof.segob.gob.mx/notas/docFuente/5716954>

BIM en la fase de operación y mantenimiento (O&M)

Ugliotti, Francesca Maria. (2017). BIM and Facility Management for smart data management and visualization. 2018, de Politecnico di Torino. Sitio web: <http://porto.polito.it/2696432/>

Marc Sistach Sebastià Roger. Facility Management II. Universitat Oberta de Catalunya.

Montiveros Toribio, Josef Michel. (2018). Facility management de edificaciones universitarias con el uso de tecnología BIM. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Sitio web: <http://hdl.handle.net/10757/624948>

Sandra Vera Domínguez. (2016). BIM AS A DATABASE MODEL FOR THE EXERCISE OF FACILITIES MANAGEMENT. Universitat Politècnica de Catalunya. Sitio web: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/88160/Mem%C3%B2ria_VeraSandra