

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**EL MÉTODO BIM: EFECTIVIDAD Y BENEFICIOS EN LOS
PROYECTOS DE EDIFICACIÓN**

Trabajo de titulación para optar al
título de Técnico Universitario en
CONSTRUCCIÓN

Alumno:

Danko Sebastián Manosalva Muñoz

Profesor Guía:

Rodrigo Enrique Figueroa Oyarzún

A mi familia por acompañarme en este proceso,

A mi sobrino Gustavo por alegrarme las tardes después de la Universidad,

A Francisca por su apoyo incondicional,

A los que estuvieron y permitieron llegar al término de esta etapa.

RESUMEN

KEYWORDS: CONSTRUCCIÓN- BIM- MODELAMIENTO- BUILDING INFORMATION MODELLING-

Building Information Modelling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. El uso del BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida de la construcción, reduciendo los costos de operación y los plazos del proyecto.

A lo largo de este trabajo se analizarán los alcances del BIM en Chile, y las organizaciones creadas como BIMForum y Planbim para que la metodología BIM se implemente y se establezca en el país.

Para demostrar la eficiencia del BIM, se realiza un análisis de comparativa entre la Línea 6 del Metro de Santiago que fue construida tradicionalmente y la Línea 3, construida con el modelo BIM.

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO UNO: METODOLOGÍA BIM

- 1. INTRODUCCIÓN AL BIM
 - 1.0.1. Qué es BIM:
 - 1.1. HISTORIA Y DESARROLLO DEL BIM
 - 1.2. FUNCIONAMIENTO DEL BIM
 - 1.2.1. Common Data Environment (CDE)
 - 1.2.1.1. Ventajas de crear y trabajar con CDE
 - 1.3. NIVELES O FASES BIM
 - 1.3.1. Nivel 0 BIM
 - 1.3.2. Nivel 1 BIM
 - 1.3.3. Nivel 2 BIM
 - 1.3.4. Nivel 3 BIM
 - 1.3.5. Nivel 4 BIM
 - 1.3.6. Nivel 5 BIM
 - 1.3.7. Nivel 6 BIM
 - 1.3.8. Nivel 7 BIM
 - 1.3.9. Nivel 8 BIM
 - 1.4. NIVELES DE DESARROLLO
 - 1.4.1. LOD100 – Conceptual
 - 1.4.2. LOD200 – Geometría
 - 1.4.3. LOD300 – Construcción
 - 1.4.4. LOD350 – Coordinación y colisiones
 - 1.4.5. LOD400 – Fabricación
 - 1.4.6. LOD500 – As Built
 - 1.4.7. LOD 600

CAPÍTULO DOS: EL BIM EN CHILE

- 2. INTRODUCCIÓN DEL BIM A CHILE
 - 2.0.1. Contextualización de la industria
 - 2.1. PLANBIM
 - 2.1.1. Objetivos Planbim
 - 2.1.2. Sector Público
 - 2.1.3. Sector Privado
 - 2.1.4. Academia
 - 2.2. BIM FORUM CHILE
 - 2.3. ARTÍCULOS TÉCNICOS
 - 2.3.1. LA PROPUESTA DE BIM Y LA COLABORACIÓN

- 2.3.1.1. IFC Permite la colaboración efectiva entre sistemas
- 2.3.1.2. Consideraciones al utilizar BIM
- 2.3.1.3. Algunos beneficios de usar BIM
- 2.3.1.4. Necesidad de estándares
- 2.3.2. EL BIM EN LA INFRAESTRUCTURA
- 2.3.2.1. El BIM y la interoperabilidad para Infraestructura
- 2.3.2.2. Realidad en infraestructura – casos y experiencias
- 2.4. NORMAS BIM -ISO- NCH
- 2.4.1. Antecedentes sobre la normalización internacional
- 2.4.2. Normalización sobre Building Information Modelling
- 2.4.2.1. Normalización Internacional
- 2.4.2.2. Normalización Nacional
- 2.4.2.3. Serie de normas internacionales referidas a BIM - ISO19650
- 2.4.2.4. Contenido técnico de las normas
- 2.5. COMPARATIVA ANALÍTICA BIM FRENTE A SOLUCIÓN TRADICIONAL
- 2.5.1. Sistema tradicional Línea 6
- 2.5.2. Metodología BIM Línea 3
- 2.5.3. Resumen de los resultados obtenidos
- 2.5.3.1. Mayor complejidad de la Línea 3 debido a las Bases de Diseño del cliente
- 2.5.3.2. Mayor cantidad de planos elaborados en la Línea 3 debido a las Bases de Diseño del cliente y con mucha más información
- 2.5.3.3. Tiempo comparable de diseño mucho menor
- 2.5.3.4. Ahorro de tiempo (costo) de las modificaciones de diseño.
- 2.5.3.5. Ahorro de costos de material
- 2.5.3.6. Pérdida de sinergias
- 2.5.4. Resumen

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1- 1 Esquema BIM
- Figura 1- 2 El desarrollo de la definición BIM
- Figura 1- 3 El entorno de datos colaborativos
- Figura 1- 4 Grafica niveles BIM
- Figura 1- 5 Ciclo de vida de la edificación
- Figura 1- 6 Niveles LOD
- Figura 1- 7 Niveles LOD muro-1
- Figura 1- 8 Niveles LOD muro-2
- Figura 2- 1 Disminución de costos Reino Unido
- Figura 2- 2 Evolución y proyección BIM en Chile
- Figura 2- 3 Nivel de adopción BIM en el mundo
- Figura 2- 4 Estándar IFC
- Figura 2- 5 De izquierda a derecha, los formatos ISO interoperables para Aeronáutica y Espacial, Defensa, y Petróleo y Gas
- Figura 2- 6 Concepto del Modelo de Referencia. Diferentes modelos, Diferentes Elementos, Diferentes Datos, y Diferentes Propietarios de los modelos
- Figura 2- 7 En CAD, una serie de dibujos sin relación, se usan para representar un edificio
- Figura 2- 8 Modelación infraestructura vial y eléctrica
- Figura 2- 9 Ciclo de vida BIM
- Figura 2- 10 Liverpool Street Station - western ticket hall west view structural engineering
- Figura 2- 11 Utility corridor to be created beneath Liverpool Street ticket hall
- Figura 2- 12 Grupo de países integrantes del Comité ISO/TC59/SC13
- Figura 2- 13 Concepto de un entorno de datos compartido (CDE en inglés)
- Figura 2- 14 Ejemplos de revestimiento Línea 6
- Figura 2- 15 Ejemplos de revestimiento Línea 3
- Figura 2- 16 Tiempos en realizar planos en línea 3 en Revit y Cad

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 2- 1 Desglose de paneles línea 6 y 3
- Tabla 2- 2 Comparación H.H. de elaboración de planos y cantidad de planos en ambas líneas
- Tabla 2- 3 Horas totales de modificación

SIGLAS

BIM: Building Information Modelling
LOD: Level of Development
CDE: Common Data Environment
ISO: International Organization for Standardization
NCh: Norma Chilena
IFC: International Foundation Class
UF: Unidad de Fomento
MM: Miles de Millones
BDS: Building Description System
CAD: Computer-Aided Design
CAM: Computer-Aided Manufacturing
MOP: Ministerio de Obras Publicas
MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo
CORFO: Corporación de Fomento de la Producción
CChC: Cámara Chilena de la Construcción
OTEC: Organismos Técnicos de Capacitación
CDT: Corporación de Desarrollo Tecnológico
ITO: Inspector Técnico de Obras
IAI: International Alliance Interoperability
AEC: Arquitectura, Ingeniería y Construcción
IDP: Integrated Project Delivery
FM: Facilities Management
PEB: Plan de Ejecución BIM
EIR: Employer Information Requirements
MIDP: Master Information Delivery Plan
AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials
SaaS: Software como Servicio
INN: Instituto Nacional de Normalización
FDIS: Final Draft International Standard
OIR: Requisitos de Información Organizacional
AIR: Requisitos de Información del Activo
PIR: Requisitos de Información del Proyecto
EIR: Requisitos de Intercambio de Información
AIM: Modelo de Información del Activo
PIM: Modelo de Información del Proyecto
WBS: Estructura de Desglose de Tareas
NDI: Nivel de Información
HH: Horas Hombre

INTRODUCCIÓN

Según la Cámara Chilena de la Construcción, en el año 2019 la inversión en construcción en Chile en el sector de vivienda, pública y privada, fue de 236,8 millones de UF, y en el sector de infraestructura, pública (empresas públicas, empresas autónomas y concesiones en obras públicas) y productiva (estructuras públicas y privadas) fue de 450,4 millones de UF, lo que nos lleva a un total de 687,2 millones de UF invertidos en la construcción de Chile y para Chile.

Cabe destacar, que la industria de la construcción en Chile es considerada como uno de los sectores más importantes de la Economía Chilena, ya que según el informe MACH N°47 (Macroeconomía y producción en Chile) emitido en el año 2017 por la Cámara Chilena de la construcción, esta aporta un 7,1% al Producto Interno Bruto del país. (Cámara Chilena de la Construcción, 2017)

A finales del año 2019 se estimó en los indicadores de Empleo y Desempleo del Sector Construcción elaborados por la Cámara Chilena de la Construcción, que este sector, mantenía empleados alrededor de 750.000 personas, equivalente a un 9,5% de la tasa de ocupación en el país.

Es por estos datos, que el sector de la construcción no puede quedarse atrás en los cambios y los avances en la tecnología de la industria, manteniéndose siempre a la vanguardia en la innovación. Sin duda y como causa de lo anterior, se han creado nuevas formas de construir, implementando tecnologías nuevas y actualizadas a los tiempos actuales.

Una de las tecnologías emergentes que ha surgido en otros países y llevada a cabo con éxito ha sido el BIM, acrónimo de Building Information Modelling, y según Planbim en conjunto con Bilal Succar, es el conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual.

El BIM ha llegado para quedarse a la industria de la construcción ya que ha mejorado la forma de hacer esta. Entre sus beneficios se encuentran: optimizar los costos y plazos de un proyecto; utiliza modelos 3D que facilitan la comprensión del proyecto, manteniendo mejores expectativas en los clientes; permite simular el comportamiento del proyecto, posibilitando optimizar el diseño y mejorar su eficiencia energética, aumentando su sustentabilidad en el tiempo; y permite simular y planificar medidas de seguridad y prevención de riesgos, entre otras.

En el presente trabajo, se presentará el BIM y sus beneficios aplicables a la construcción en Chile, analizando sus herramientas y aplicaciones en el país que, a la fecha, han obtenido buenos resultados.

CAPÍTULO UNO: METODOLOGÍA BIM

1. INTRODUCCIÓN AL BIM

1.0.1. Qué es BIM:

El concepto BIM ha existido desde los años 70, siendo utilizado por primera vez por el arquitecto Phil Bernstein. Tiempo después, Jerry Laiserin popularizó el concepto, adoptado por diferentes empresas con distintos nombres (VEILLETTE, 2012). La primera implementación de BIM fue realizada por Graphisoft a través de su software ArchiCAD el año 1987.

BIM es el acrónimo en inglés de (Building Information Modelling), la estrella actual en la industria de la construcción. Aunque la tecnología existe desde hace más una década, se ha creado mucho interés sobre BIM durante los últimos años.

BIM es un método de trabajo que integra todos los procesos y el flujo de información de forma colaborativa e integrada para gestionar los proyectos de edificación (arquitectura, ingeniería, construcción). BIM es el proceso que abarca la generación y gestión de la información física y funcional de un proyecto. El resultado del proceso es lo que llamamos BIMs o modelos de información de construcción que son, en última instancia, archivos digitales que describen todos los aspectos del proyecto y apoyan la toma de decisiones a lo largo del ciclo del proyecto para garantizar que la planificación, el diseño y la construcción de edificios sean altamente eficientes.

Se confunde BIM con un software de modelado 3D, pero en realidad implica más que eso. BIM, los subconjuntos de sistemas BIM y tecnologías similares ofrecen más que 3D (ancho, alto y profundidad), pueden incluir otras dimensiones como 4D (tiempo), 5D (costo), 6D (operación), 7D (sostenibilidad) e incluso 8D (seguridad). Esta capacidad multidimensional de BIM se ha definido como modelado "nD", ya que se puede añadir un número casi infinito de dimensiones al modelo de construcción.

BIM, como un todo, se refiere al proceso de todas las partes involucradas en la construcción y gestión del ciclo de vida de los activos construidos, trabajando en colaboración y compartiendo datos. Sin embargo, el verdadero poder del BIM reside en la información. Toda la información recopilada -desde la concepción hasta la finalización- no sólo se almacena, sino que es procesable. Los datos se pueden utilizar para mejorar la precisión, expresar la intención de diseño de la oficina a la ejecución, mejorar la transferencia de conocimientos de las partes interesadas, reducir los órdenes de cambio y los problemas de coordinación de campo, y proporcionar información sobre los edificios existentes para proyectos de renovación posteriores.



Fuente: Wikipedia

Figura 1- 1 Esquema BIM

1.1. HISTORIA Y DESARROLLO DEL BIM

BIM se origina, en parte, desde el diseño CAD (diseño asistido computacionalmente). Luego, primer software CAM comercial, apareció en 1957 gracias al Dr. Patrick J. Hanratty, quien posteriormente incursionó en gráficos generados por computadora, llegando al DAC, o diseño automatizado por computadoras. Este fue el primer sistema CAD/CAM que utilizaría gráficos interactivos, pasando de dibujar planos “a mano” a realizarlos en computadora, con todas las ventajas que esto conlleva.

Esta tecnología sufrió diversos cambios en el tiempo, ya que era necesario satisfacer los requerimientos de los grandes proyectos, por lo que, distintas características fueron añadidas a estas herramientas con el fin de disminuir tiempo de trabajo, errores de diseño y, lograr modelos de superficie y sólidos. Aun así, era complejo editar, actualizar, ingresar y extraer información de los modelos. Por ello, se instauró la tecnología paramétrica, con el fin de optimizar el proceso completo.

Charles Eastman, en 1975, publicó un paper describiendo un prototipo llamado Building Description System (BDS). En él, se discutían ideas de diseño paramétrico, representaciones 3D en computadora con una base de datos integrada y única, para análisis visuales y cuantitativos. Esto es, prácticamente, una de las concepciones actuales de BIM.

Robert Aish fue el primero en documentar el uso del término "Building Modelling" en un paper de 1986, y lo describía como un modelado tridimensional a través de elementos paramétricos y que permitía un manejo de la información. Posteriormente, en 1992, se acuñó el término de "Building Information Model" por Van Nederveen y Tolman, del departamento de ingeniería civil de la Delft University of Technology, Holanda.

En 1995, el formato de archivo International Foundation Class (IFC) fue desarrollado para permitir el flujo de datos a través de las distintas plataformas, haciendo compatible un archivo con distintos programas BIM.

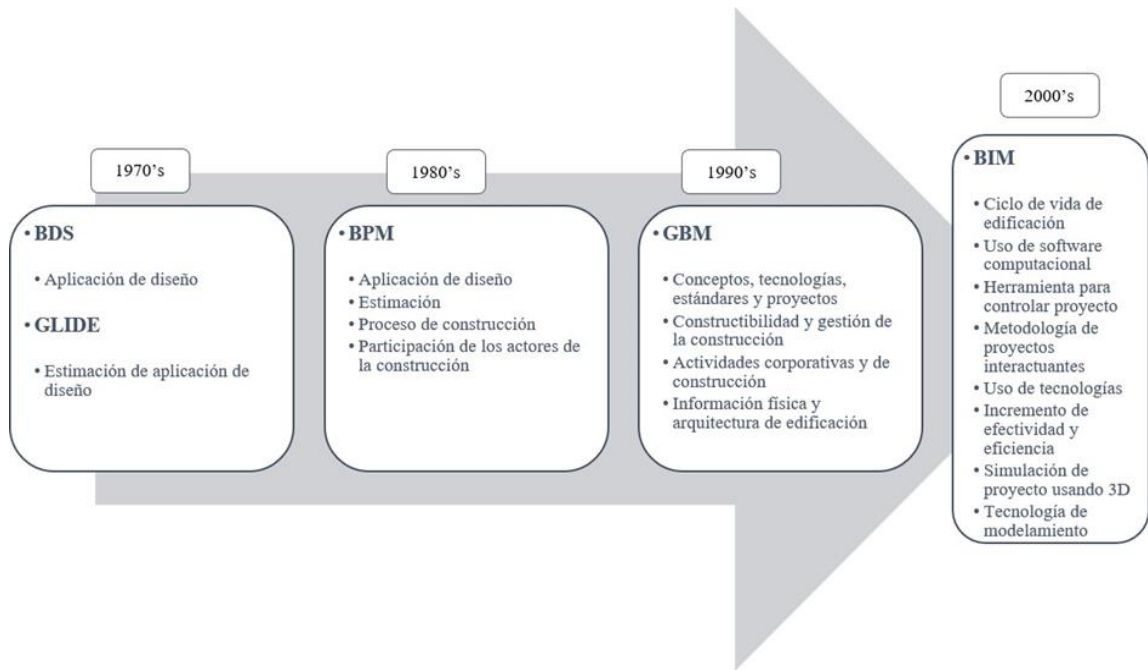
En el 2000, ArchiCAD desarrolló Revit, software que revolucionó el BIM mediante el uso de un motor de cambio paramétrico a través de la programación orientada a objetos y la creación de una plataforma que permitía agregar la dimensión tiempo.

En 2002 Revit fue comprado por Autodesk, empresa que se hizo con diversos softwares catalogables como BIM en ese entonces, y que ha seguido desarrollándolos hasta el presente.

Es así como BIM ha logrado cada una de sus aristas en el tiempo. El trabajo colaborativo, el diseño paramétrico, la bidireccionalidad de la información y bases de datos compartidas han concurrido a una misma metodología que se ha internalizado en varias empresas, tanto prestadoras de "servicios" BIM como en la misma interna de otras que han visto ventajas significativas en su uso.

Las prácticas modernas en la arquitectura, ingeniería y construcción se han ido direccionando a la colaboración. Esto ha impactado la industria, incluso, llevando paulatinamente los contratos de licitación hacia un sistema integrado de entrega de proyectos donde todos trabajan en un conjunto de modelos BIM mutuamente accesibles.

Con el amplio recorrido que ha tenido esta tecnología, junto con sus resultados, son varias las empresas y entidades que la utilizan en el mundo y son, también, más los países que adoptan esta forma de trabajar, llegando incluso a la institucionalización. (CARVAJAL, 2018)



Fuente: adaptado de Ahmad L., Brahim, J. & Fathi, M. (2014)

Figura 1- 2 El desarrollo de la definición BIM

1.2. FUNCIONAMIENTO DEL BIM

1.2.1. Common Data Environment (CDE)

La información en un modelo BIM se comparte a través de un espacio virtual mutuamente accesible conocido como Common Data Environment (CDE), y los datos recopilados se denominan modelo de información. Los modelos de información se pueden utilizar en todas las etapas de la vida de un edificio, desde su inicio hasta su funcionamiento, e incluso en renovaciones y reacondicionamientos.

Empezar a implantar la metodología BIM requiere, entre otras cosas, crear y saber gestionar de forma estructurada la información y el intercambio de datos en la nube. Para ello se requiere la utilización de un Entorno de Datos Colaborativo o CDE (Common Data Environment). La herramienta CDE es un contenedor de información único donde se comparte la información de una manera coordinada entre todos los miembros de un equipo.

Para trabajar en proyectos de construcción en un entorno BIM, es necesario gestionar la información de forma estructurada y el intercambio de datos y documentos. Es por lo que es fundamental contar con CDE que ofrezca un entorno seguro, ágil y estructurado.

Common Data Environment (CDE) o Entorno de Datos Colaborativo es una herramienta que permite a los diferentes agentes implicados en un proyecto trabajar

de forma interconectada en la nube. En un CDE, se puede recopilar, gestionar y difundir información y datos de un proyecto entre diferentes equipos.

1.2.1.1. Ventajas de crear y trabajar con CDE

Dentro de un CDE, la información pertenece a aquél que la produce, es decir, solo la puede modificar su autor. Sin embargo, esto no impide que cualquiera la pueda compartir y reutilizar.

Además de las diferentes ventajas mencionadas en la infografía, al disponer de un CDE te asegurarás:

- ❖ Que la información sea generada una sola vez.
- ❖ Que la información se use todas las veces que sean necesarias por los diferentes equipos.
- ❖ Trabajar sobre las actualizaciones aprobadas.
- ❖ Que la información se vaya enriqueciendo de forma ordenada a lo largo del ciclo de vida del proyecto.



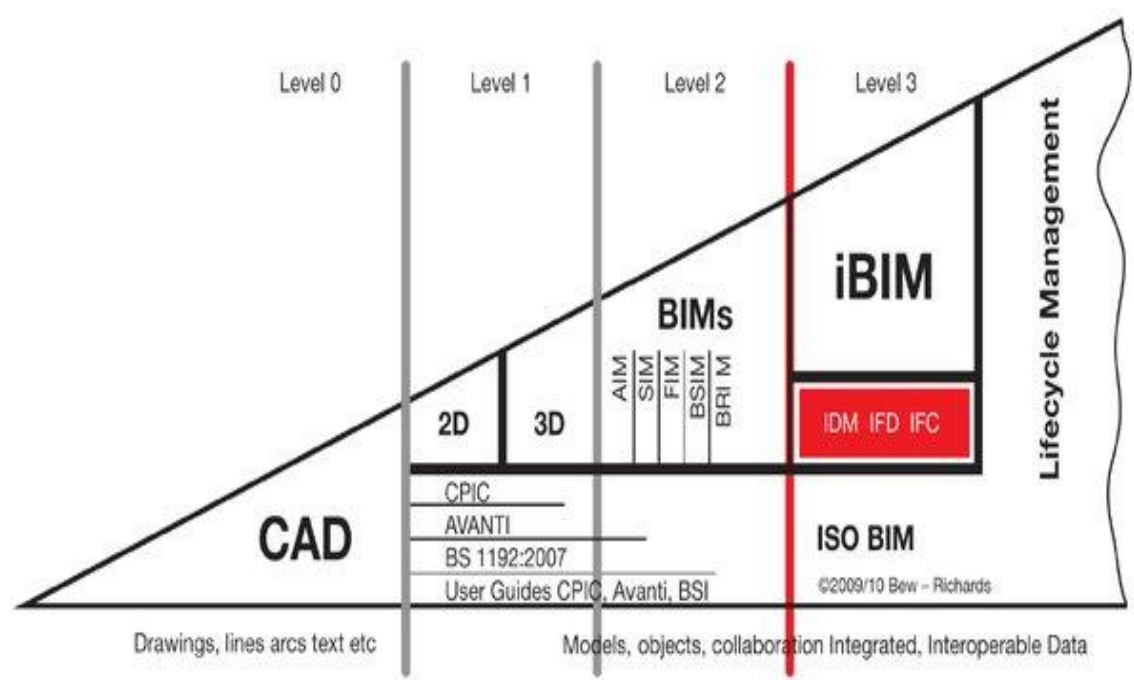
Fuente: Seystic.com

Figura 1- 3 El entorno de datos colaborativos

1.3. NIVELES O FASES BIM

Una de las herramientas estandarizadas para medir el grado de implantación (o madurez) BIM en un proyecto son precisamente los BIM Levels. Se trata de una sencilla escala creada por el gobierno de Reino Unido (NBS) que nos permite reconocer rápidamente en qué fase estamos con respecto al uso del BIM en nuestros proyectos.

Esta escala viene determinada por cuatro niveles: 0, 1, 2 y 3. Son progresivos y para alcanzar cada uno de ellos es necesario implantar nuevos procesos y mejorar los preexistentes. Vamos a verlos uno por uno.



Fuente: Google

Figura 1- 4 Grafica niveles BIM

1.3.1. Nivel 0 BIM

Es el inicio del camino de la implantación BIM. El nivel 0 equivale a una ausencia de colaboración. Se basa en el modelo de trabajo que se ha usado en las últimas décadas: Producción de información en 2D mediante CAD e impresión en papel o en formatos digitales de la información para desarrollar el proyecto.

1.3.2. Nivel 1 BIM

El nivel en el que ya trabajan muchas empresas y estudios. Implica una mezcla de trabajo en 3D para la concepción del proyecto y 2D para el desarrollo de la documentación técnica. El grado de colaboración se da, sobre todo, en el uso de un sistema de compartición de datos del proyecto, normalmente en la nube, sin embargo, el modelo no es compartido entre los miembros del equipo de forma simultánea.

1.3.3. Nivel 2 BIM

Este nivel marca el inicio de la colaboración. Todas las partes trabajan sobre su propio modelo 3D, pero comparten información en el mismo formato lo cual permite la creación de un flujo de trabajo colaborativo. Todos los softwares implicados en el proceso deben ser capaces de exportar la información a un formato común para que el resto de los participantes puedan usarla en sus modelos.

1.3.4. Nivel 3 BIM

Implica el máximo grado de colaboración. Se basa en el trabajo sobre un único modelo que es compartido por todos los participantes. Todas las partes pueden acceder y modificar el mismo modelo. Esto permite eliminar la última capa de riesgo por conflictos de información que se daba en fases anteriores a la hora de unificar modelos. Esta fase se denomina "Open BIM".

Para hacer viable este grado de colaboración es necesario trabajar con soluciones de software que permitan un trabajo simultáneo sobre el modelo común. Debido a ello surgen soluciones que permitan un control total sobre todos los procesos como 3DEXPERIENCE que se basan en un modelo de plataforma que integra multitud de softwares, entre ellos alguno de modelado 3D como CATIA.

Más allá de establecer un camino hacia la madurez BIM, la estandarización de los niveles BIM permite a las empresas y oficinas de arquitectura a tener una referencia útil a la hora de colaborar entre sí en proyectos comunes para que no surjan problemas en el flujo de trabajo, permitiendo acortar tiempos y optimizar costes.

Además, esta escala ha sido concebida para establecer los criterios de trabajo obligatorios a la hora de presentar propuestas para concursos de la administración pública en Reino Unido, por lo que se espera soluciones parecidas para el resto de los países.

Sumándose a los niveles anteriormente descritos se agregan los siguientes niveles, los cuales contribuyen mas aun a la complementación del BIM.

1.3.5. Nivel 4 BIM

El modelo 4D vincula las actividades de construcción con calendarios e imágenes 3D que dan como resultado una simulación gráfica en tiempo real del progreso de la construcción. La dimensión "tiempo" permite evaluar la capacidad de construcción y la planificación del flujo de trabajo de un proyecto. Todos los involucrados en el proyecto pueden visualizar, analizar y comunicar fácil y efectivamente los problemas en los aspectos secuenciales, espaciales y temporales del progreso de la construcción. Esto resulta en mejores horarios, diseño del sitio y planes logísticos que generan mejoras en la productividad.

1.3.6. Nivel 5 BIM

El modelo 5D añade la dimensión de "Costo" al modelo BIM y permite la generación instantánea de presupuestos de costes y representaciones financieras del modelo contra el tiempo. Esto mejora la precisión de las estimaciones, minimiza los incidentes de conflicto que los datos CAD suelen causar y permite a los consultores de costes dedicar más tiempo a mejorar el valor.

1.3.7. Nivel 6 BIM

El modelo 6D permite añadir la gestión de instalaciones al BIM. La adición de una rica descripción de los elementos de construcción y de los servicios de ingeniería con descripciones elaboradas de la geometría, las relaciones y las capacidades de propiedad hacen del BIM una base de datos perfecta para la gestión de instalaciones.

1.3.8. Nivel 7 BIM

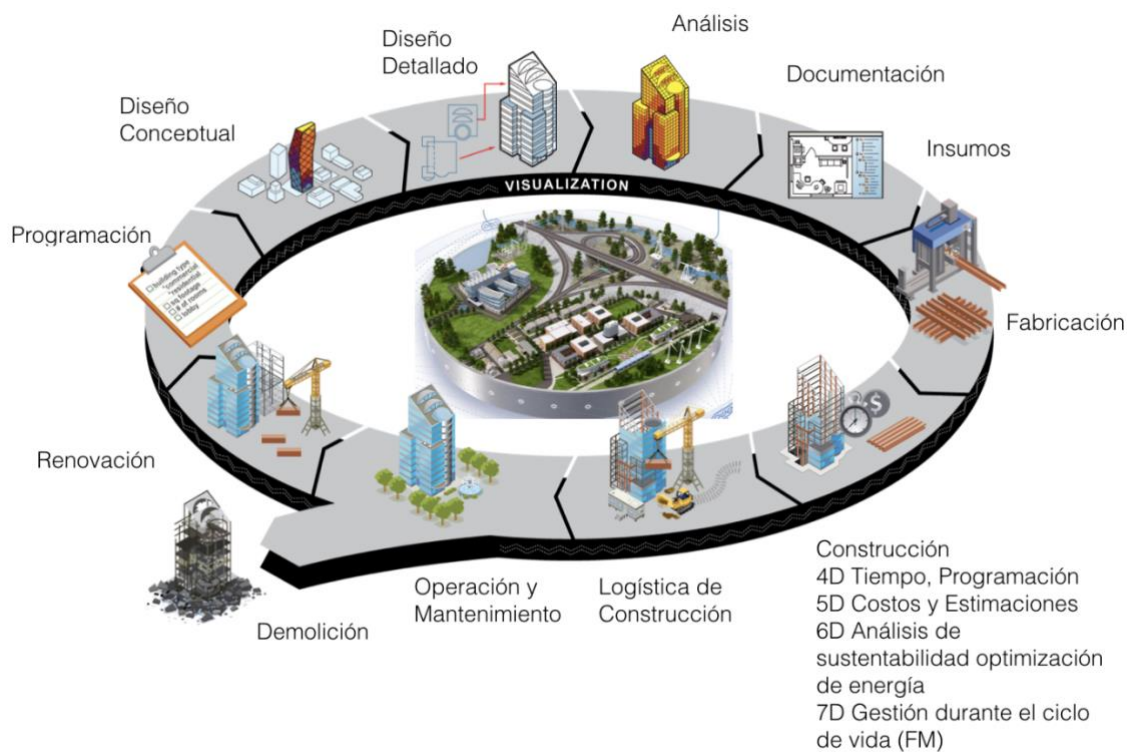
El modelo 7D incorpora componentes de sostenibilidad al BIM – permite a los profesionales/diseñadores cumplir con los objetivos de carbono para un elemento específico de un proyecto y validar decisiones o probar y comparar opciones.

1.3.9. Nivel 8 BIM

La 8D incorpora aspectos de seguridad tanto en el diseño como en el proceso de construcción.

Las tecnologías BIM proporcionan oportunidades para el proyecto, pero también desafíos para los gerentes de proyecto. Dado que la automatización se utiliza cada vez más en la cuantificación en la industria de la construcción, los modelos BIM tendrán que adaptarse en consecuencia para permitir componentes de gestión más sofisticados que incorporen la modelización de costes en tiempo 4D y 5D y compartan

esta información con el equipo del proyecto en un enfoque integrado de entrega del proyecto.



Fuente: Planbim – MOP

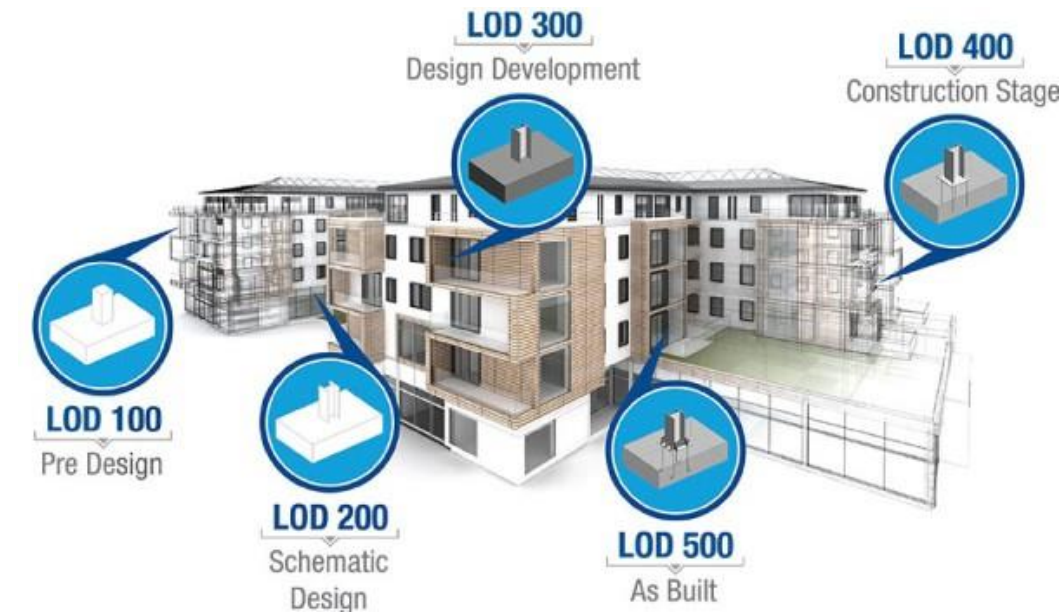
Figura 1- 5 Ciclo de vida de la edificación

1.4. NIVELES DE DESARROLLO

LOD (Level of Development) define el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento del modelo, y este es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio.

Conviene aclarar que el LOD en ningún caso se refiere a la totalidad del proyecto y tampoco tiene vinculación con la fase de desarrollo o construcción.

Todos los niveles están determinados por: requerimientos de contenido del elemento, usos autorizados (análisis), coste, programación, coordinación, otros.



Fuente: imasgal.com

Figura 1- 6 Niveles LOD

1.4.1. LOD100 – Conceptual

Es el nivel básico en el que se enumeran los elementos conceptuales de un proyecto, con el grado de definición dada por:

El elemento objeto puede estar representado por un símbolo o representación genérica. No es necesaria su definición geométrica, aunque este puede depender de otros objetos definidos gráfica y geoméricamente. Muchos elementos pueden permanecer en este nivel de desarrollo en fases muy avanzadas del proyecto.

1.4.2. LOD200 – Geometría

Es el nivel en el que se define gráficamente el elemento, especificando aproximadamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica.

El elemento objeto está determinado por su posición y ya posee una definición geométrica no completa.

Tiene los datos aproximados de dimensiones, forma, ubicación y orientación. Su uso está vinculado a elementos genéricos o cuyas definiciones detalladas vienen dadas por agentes externos al proyecto.

Es el LOD más bajo en el que se indica la posibilidad de incluir información no gráfica de un elemento, como puede ser el coste real (no estimado del LOD 100), así como características de envolventes, pesos, fabricantes y manuales de mantenimiento.

1.4.3. LOD300 – Construcción

Es el nivel en el que se define gráficamente el elemento, especificando de forma precisa cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica.

El elemento objeto está definido geométricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación.

También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.

1.4.4. LOD350 – Coordinación y colisiones

Equivalente al nivel LOD 300 pero incluyendo la detección de interferencias entre distintos elementos.

Es propio de proyectos complejos desarrollados independientemente por disciplinas u otra desagregación de proyecto específica.

Afecta al análisis, programación y coordinación del proyecto. Ocasionalmente, al coste por elemento y conjunto.

Habitualmente, modifica la totalidad del proyecto respecto a LOD 300 según criterios definidos en los que suele ser prioritario el respeto a la estructura frente a instalaciones, y estas frente a arquitectura. Requieren de una perfecta coordinación entre todos los agentes y las distintas disciplinas y subdisciplinas para una correcta ejecución en obra y una drástica reducción de errores y modificaciones en esta.

1.4.5. LOD400 – Fabricación

El elemento objeto está definido geométricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación detallada completamente, información de fabricación específica para el proyecto, puesta en obra/montaje e instalación.

También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.

1.4.6. LOD500 – As Built

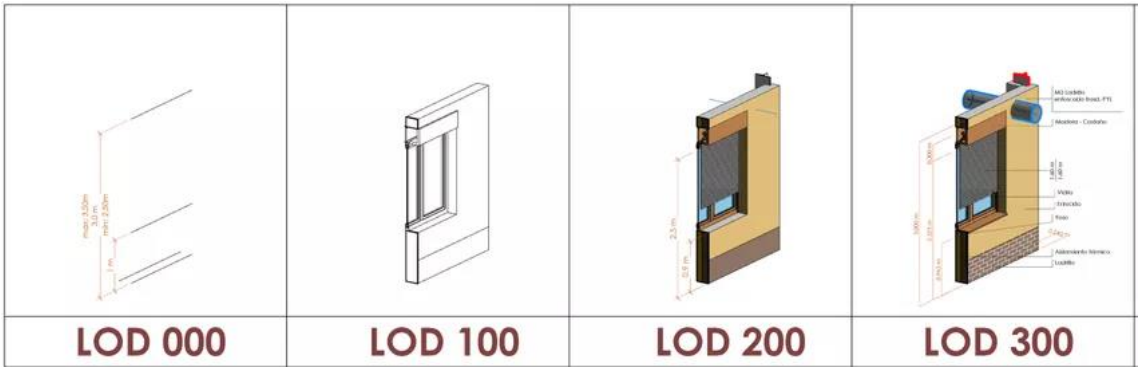
El elemento objeto está definido geométricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.

Se verifica la información de este nivel en relación con el proceso constructivo finalizado (“as built”) y no es aplicable a todos los elementos del proyecto. El criterio válido será definido por la propiedad y las normativas correspondientes. La información de este nivel sustituye a las equivalentes de otros niveles inferiores en todos los casos.

Elementos del modelo pueden estar definidos a nivel de LOD 500 sin haberlo hecho en niveles anteriores y se incluirá siempre el autor de este como agente responsable de su ejecución.

1.4.7. LOD 600

El elemento objeto no está definido geométricamente en detalle, pero sí lo están sus condiciones de reciclado, como materiales propios, toxicidad, vida útil, básicas, distancia a puntos de fabricación/reciclaje, peso y volumen, formas de traslado y desmontaje, etc. Está basada principalmente en información no gráfica vinculada al elemento.



Fuente: Editeca.com

Figura 1- 7 Niveles LOD muro-1

CAPÍTULO DOS: EL BIM EN CHILE

2. INTRODUCCIÓN DEL BIM A CHILE

2.0.1. Contextualización de la industria

La metodología BIM se comenzó a implementar en el país debido a las diferentes problemáticas en la coordinación de los proyectos, originados por la poca y/o nula comunicación entre las diferentes etapas de este, sumada a la inexactitud en la planificación de presupuestos, contratos, recursos humanos y materiales.

Según datos de MOP en Chile al año 2017, las obras tienen en promedio un 30% de retraso en comparación al tiempo planificado, lo que conlleva a que el 96% de los contratos de estas se vean modificados según los mismos datos del MOP. Esto genera un sobre costo de \$95.000 MM.

A esto se suma que muchas veces no se planifica, o no tempranamente, la operatividad de las instalaciones, siendo que estas equivalen en promedio al 80% del costo de la inversión.

2.1. PLANBIM

En Chile, tomando experiencias de otros países que tienen incorporado el BIM en casi todos sus proyectos de construcción como el Reino Unido, o países de Europa mayoritariamente se comenzó a instaurar este sistema de modelado de información de construcción conocido como BIM.

En el Reino Unido la experiencia con la metodología BIM ha sido exitosa en muchos ámbitos. Según datos del Planbim el Reino Unido desde 2011 a 2014 tuvo un ahorro de \$2.300 millones de dólares, lo que, llevado a la práctica, les significó construir 7 colegios en lugar de los 5 que se podían construir anteriormente.



Fuente: Presentación Adam Matthews, 2015

Figura 2- 1 Disminución de costos Reino Unido

Para el 2025, el Reino Unido tiene fijadas sus metas con ayuda de la metodología BIM: Disminución de los costos durante toda la vida de una edificación en un 33%, Aumento de la rapidez de entrega de los proyectos en un 50%, Reducción de las emisiones de gas asociadas al proceso de construcción en un 50%, Mejora de la brecha entre importaciones y exportaciones de materiales para la construcción en un 50%.

Dada la experiencia del Reino Unido respecto a nuestro país, y la ayuda que podría significar trabajar en conjunto, en enero de 2016 en Chile se firma un acuerdo público-privado del Planbim, donde participa MOP, MINVU, Ministerio de Economía, Ministerio de Hacienda, CORFO, Cámara Chilena de la Construcción y el Instituto de la Construcción.

Posteriormente, en mayo de 2016, Chile firma un acuerdo de trabajo con el Reino Unido, "BIM Task Group" donde participa la CORFO y el MOP.

Es allí en donde comienza en Chile una introducción de la metodología BIM más formal incluida en los proyectos de construcción públicos.

El trabajo con estas instituciones se enfoca en la implementación de BIM en sus procesos, la capacitación de sus equipos, la generación del presente estándar BIM y la construcción de requerimientos estandarizados para los proyectos de edificación e infraestructura pública (Solicitud de Información BIM). Con esto se busca, entre otras cosas, facilitar la participación de las empresas en las licitaciones y obtener información precisa de los proyectos que entregue mejores herramientas para la toma de decisiones. Adicionalmente al trabajo con las instituciones públicas, Planbim trabaja con el sector académico y privado, incentivando, por una parte, la integración y actualización de contenidos BIM en los programas de capacitación y mallas curriculares y, por otra, difundiendo los usos y beneficios de estas metodologías de trabajo. Se espera que estos sectores respondan al requerimiento público, brindando servicios, habilitando tecnologías y capacitando a la fuerza laboral.

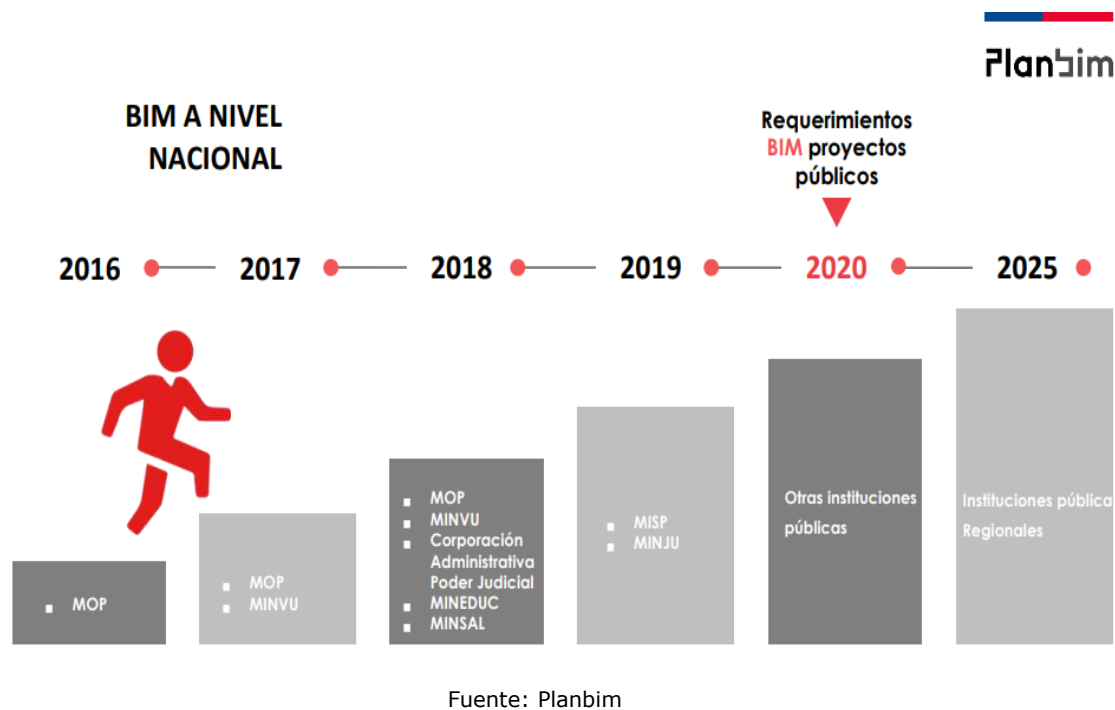


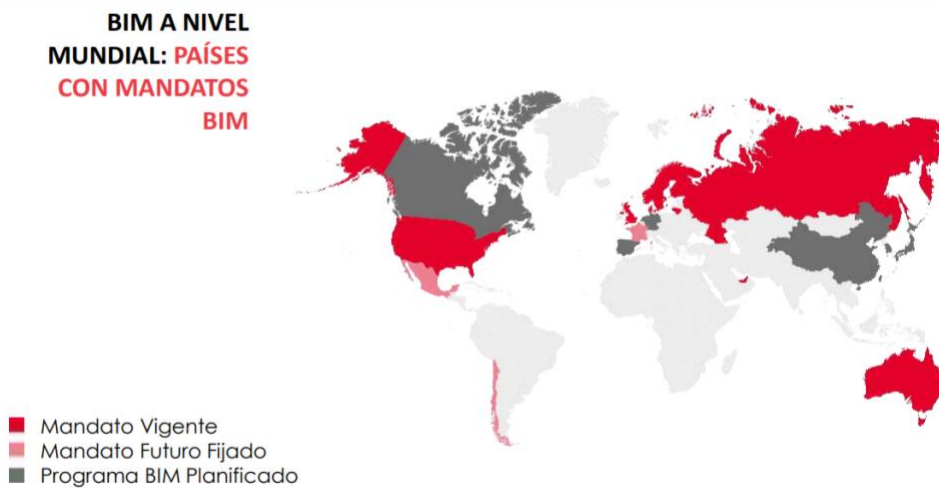
Figura 2- 2 Evolución y proyección BIM en Chile

En un principio, se aplicará en el sector público de forma obligatoria a 2020 en miras a que su implementación también se efectúe en el sector privado en 2025. La diferencia que tiene este modelo con otros sistemas es que no es sólo un software de trabajo, sino de una metodología que cambia por completo la forma en que se realiza la cadena de trabajo.

Planbim es parte del Comité de Transformación Digital de CORFO y es impulsado por el Programa Estratégico “Construye 2025” de la misma corporación. Este plan tiene como fin que organismos públicos utilicen BIM en su infraestructura, una tecnología que conlleva una metodología de trabajo en desarrollo de proyectos de forma conjunta con los distintos actores que, a partir de modelos tridimensionales, pueden integrar y realizar cambios al proyecto de forma coordinada. Esto se puede usar tanto en el diseño del proyecto, como en su construcción y su operación.

2.1.1. Objetivos Planbim

- ❖ Aumentar la productividad y competitividad de la industria de la construcción.
- ❖ Mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos durante todo su ciclo de vida.
- ❖ Reducir los costos, plazos e ineficiencias durante todas las etapas del proyecto.
- ❖ Mejorar la predictibilidad y control de costos y plazos de la construcción.
- ❖ Aumentar la trazabilidad y transparencia de la información de los proyectos.
- ❖ Proveer mejores herramientas para la participación ciudadana de proyectos.
- ❖ Fomentar una industria colaborativa y el uso de estándares comunes.
- ❖ Asegurar el cumplimiento de las normativas y reducir los tiempos de aprobación de los permisos de construcción.



Fuente: Planbim

Figura 2- 3 Nivel de adopción BIM en el mundo

2.1.2. Sector Público

Se espera que las instituciones públicas adheridas al Plan implementen BIM, fomentando el desarrollo de capacidades de la metodología BIM en lo referente a procesos, estándares y tecnologías. A su vez se espera que la estandarización de los requerimientos BIM en las licitaciones públicas impulsen su adopción en la industria de la construcción.

FORMAN PARTE DE ESTE SECTOR: Instituciones públicas que licitan, directamente o a través de terceros, el diseño, construcción y/u operación de proyectos de infraestructura o edificación, además de instituciones públicas encargadas de evaluar y/o fiscalizar estos procesos.

ACCIONES DE APOYO DESDE PLANBIM: Trabajaremos en conjunto con las instituciones públicas en:

- ❖ Definir los alcances del Mandato BIM para cada institución pública.
- ❖ Definir procesos y requerimientos estandarizados de BIM para proyectos públicos.
- ❖ Construir un Estándar BIM para proyectos públicos.
- ❖ Fomentar y apoyar la capacitación e implementación de BIM dentro de las instituciones.

ACCIONES NECESARIAS QUE SE ESPERA LLEVE A CABO EL SECTOR PÚBLICO:

- ❖ Adherir a Planbim.
- ❖ Capacitar a la fuerza laboral de cada institución.
- ❖ Implementar tecnologías (hardware y software BIM) en cada institución.

2.1.3. Sector Privado

Se espera que el sector privado brinde servicios, implemente tecnologías y capacite a su fuerza laboral, para así, responder al requerimiento de BIM solicitado por el sector público.

FORMAN PARTE DE ESTE SECTOR: Personas, empresas privadas, colegios profesionales, asociaciones gremiales, fundaciones y corporaciones vinculadas al sector del diseño, construcción y operación de infraestructura y/o edificación.

ACCIONES DE APOYO DESDE PLANBIM: Trabajaremos en conjunto con los integrantes del sector en:

- ❖ Difundir los beneficios de la metodología BIM y casos de éxito de la industria nacional.
- ❖ Fomentar la capacitación e implementación de BIM en el sector privado.
- ❖ Fomentar alianzas con instituciones y asociaciones.

ACCIONES NECESARIAS QUE SE ESPERA LLEVE A CABO EL SECTOR PÚBLICO:

- ❖ Implementar la metodología BIM en sus procesos internos.
- ❖ Capacitar a la fuerza laboral de cada empresa o institución.
- ❖ Desarrollar procesos colaborativos de trabajo en los proyectos.
- ❖ Generar manuales y guías que apoyen la implementación de BIM.

2.1.4. Academia

Se espera que las instituciones académicas integren progresivamente la enseñanza de BIM en sus programas de estudio y mallas curriculares, promoviendo el aprendizaje de BIM y preparando al capital humano para los nuevos requerimientos de la industria.

FORMAN PARTE DE ESTE SECTOR: Universidades, centros de formación técnica, institutos profesionales, liceos técnicos, centros de capacitación, Organismos Técnicos de Capacitación (OTEC)

ACCIONES DE APOYO DESDE PLANBIM: Trabajaremos en conjunto con los integrantes del sector en:

- ❖ Diagnosticar y construir la línea base de formación de capital humano BIM en Chile.
- ❖ Definir Roles y Responsabilidades BIM para la Industria de la Construcción.
- ❖ Definir objetivos de aprendizaje asociados a los Roles y Responsabilidades BIM.
- ❖ Gestionar becas y cofinanciamiento de capacitaciones en BIM.

ACCIONES NECESARIAS QUE SE ESPERA LLEVEN A CABO LAS INSTITUCIONES ACADÉMICAS:

- ❖ Aumentar la introducción de contenidos BIM dentro de las mallas de las carreras (pregrado).

- ❖ Aumentar la oferta de cursos y programas de formación continua en BIM (posgrado y otros).
- ❖ Diversificar los contenidos que se están enseñando relacionados a BIM, e incluir temáticas enfocadas en los procesos, estándares y trabajo colaborativo.

(Carolina Soto, Sebastián Manríquez, Paulina Godoy, 2019)

2.2.BIM FORUM CHILE

A principio del año 2015, la Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, de la Cámara Chilena de la Construcción, conformó BIM Forum Chile, una instancia técnica y permanente que convoca a los principales profesionales e instituciones relacionadas a Building Information Modelling (BIM) en nuestro país y cuya misión ha sido constituirse en el principal referente técnico y punto de encuentro en Chile en torno a sistemas BIM mediante la generación de actividades que agreguen valor a las empresas y los profesionales del sector construcción. Entre los principales objetivos que ha asumido BIM Forum Chile desde su creación como entidad técnica, destaca la idea de reunir a los principales profesionales e instituciones relacionadas con esta temática, como son las oficinas de arquitectura y especialidades, ingeniería estructural, proveedores de soluciones, consultores, constructoras, mandantes, académicos, gerenciamiento de proyectos, ITOs, entre otros, como también la generación de estándares reconocidos a nivel nacional para el desarrollo de proyectos con el uso de BIM; promover y generar investigación, desarrollo y consolidación de conocimientos; generar instancias de difusión y transferencia tecnológica relacionadas a BIM; promover la vinculación con entidades nacionales e internacionales y colaborar con entidades académicas y otras instituciones en la formación de capacidades y competencias relativas a BIM. Durante este período, BIM Forum Chile se ha posicionado como uno de los grupos de mayor relevancia dentro del país, contando con la participación de importantes entidades como el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Salud, Ministerio de Obras Públicas y Asociación de Oficinas de Arquitectos, destacadas Universidades a nivel nacional y a un relevante grupo de empresas privadas que se relacionan directamente a BIM, quienes participan activamente a través de sus cuatro grupos de trabajo: Estandarización, Gestión de Proyectos, Transferencia Tecnológica y Educación y en las diversas actividades que desarrolla BIM Forum Chile, las que se han convertido en una excelente instancia de colaboración y generación de redes de contacto entre profesionales de la industria. En las diferentes actividades que hemos desarrollado, detectamos que uno de los puntos de gran interés para los profesionales del sector construcción es tener el acceso a contenidos técnicos de calidad, es por lo que es un gran orgullo para BIM Forum Chile presentar diferentes documentos que contribuyen

a la industria una serie de conocimientos relacionados al universo BIM. (JUAN PABLO BADIA A. Presidente BIM FORUM CHILE, 2017)

2.3.ARTÍCULOS TÉCNICOS

2.3.1. LA PROPUESTA DE BIM Y LA COLABORACIÓN

Propuesta de BIM

¿Qué pasa, si en vez de entregar planos, puedo traspasar a cada especialidad un modelo 3D inteligente (cada objeto digital tiene un par en la realidad, es decir, un muro es un muro digital con toda la información necesaria para construirlo, lo mismo con una viga y una losa), filtrado de tal manera que la siguiente disciplina (cálculo o estructuras), solo recibe lo que necesita para desarrollar su especialidad? ¿Y qué tal si este modelo inteligente, no requiere un software específico en una versión específica que implique que el receptor deba subordinarse a la manera de trabajar o la herramienta usada por el que genera el “qué”? ¿Y si este modelo puede recorrerse y comprenderse inmediatamente dado que no es una representación de la realidad, si no el objeto en sí? Entonces ¿cuánto tiempo ahorraría en ese proceso de mirar plantas, secciones, elevaciones y construir una imagen mental del objeto? Y ¿cuántos errores de interpretación se evitarían? Estas preguntas son las bases para desarrollar el concepto de BIM: Colaboración independiente de un sistema específico, donde lo que se traspasa entre disciplinas es un modelo 3D inteligente que permite ahorrar tiempo y la reducir los errores en el proceso constructivo.

¿CÓMO SE LOGRA LA COLABORACIÓN?

La industria del diseño y construcción de edificios es bastante compleja, ya que los procesos de diseño, licitación, administración y construcción requieren de conocimientos específicos que difícilmente pueden estar contenidos en una sola organización. De tal forma que, para ser sustentable, se encuentra muy fragmentada y dispersa, y, por tanto, cada una de estas partes soluciona sus problemas con diferentes métodos y aplicaciones. Es aquí donde la aparición de un formato que pueda transmitir la información como elemento de continuidad entre cada una de las disciplinas que contribuye al desarrollo de un proyecto, permite enmendar esta fragmentación y mediante un flujo de trabajo acordado al inicio de un proyecto ayuda a mejorar la comunicación entre las partes. Afortunadamente en el año 1995 se dieron los primeros pasos en la creación de un protocolo de intercambio de información entre fases con la creación de la International Alliance for Interoperability (IAI), el cual centró sus esfuerzos en la interoperabilidad y que desde el año 2008 se denomina buildingSMART. Esta organización, sin fines de lucro, trabaja en conjunto con los desarrolladores de software y con destacadas empresas de la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción), enfocando su esfuerzo en la definición del

estándar Industry Foundation Classes (ISO IFC) un formato interoperable, abierto y neutral.

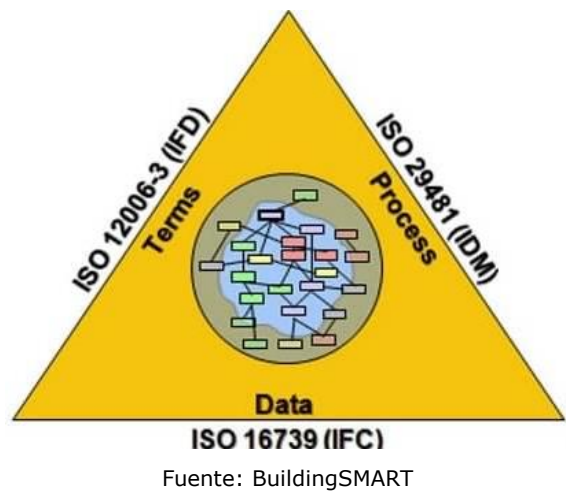


Figura 2- 4 Estándar IFC

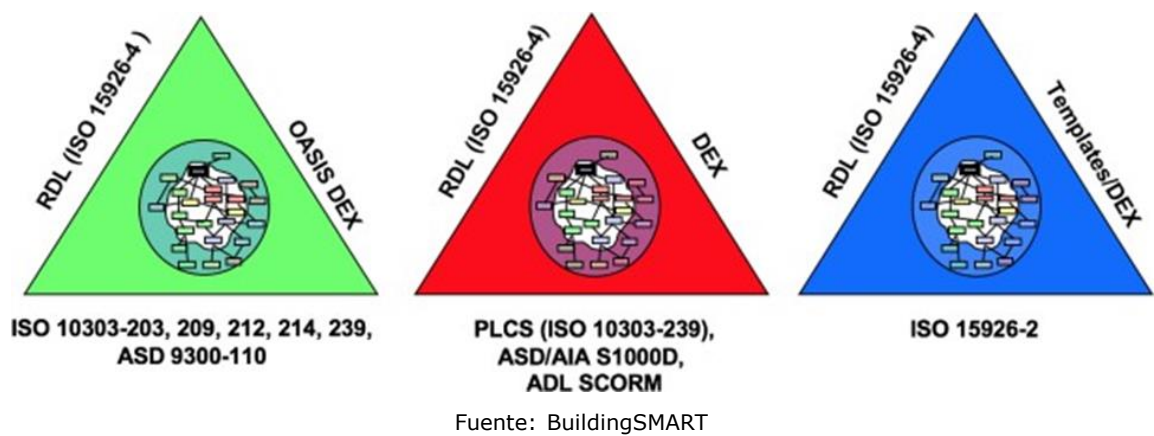
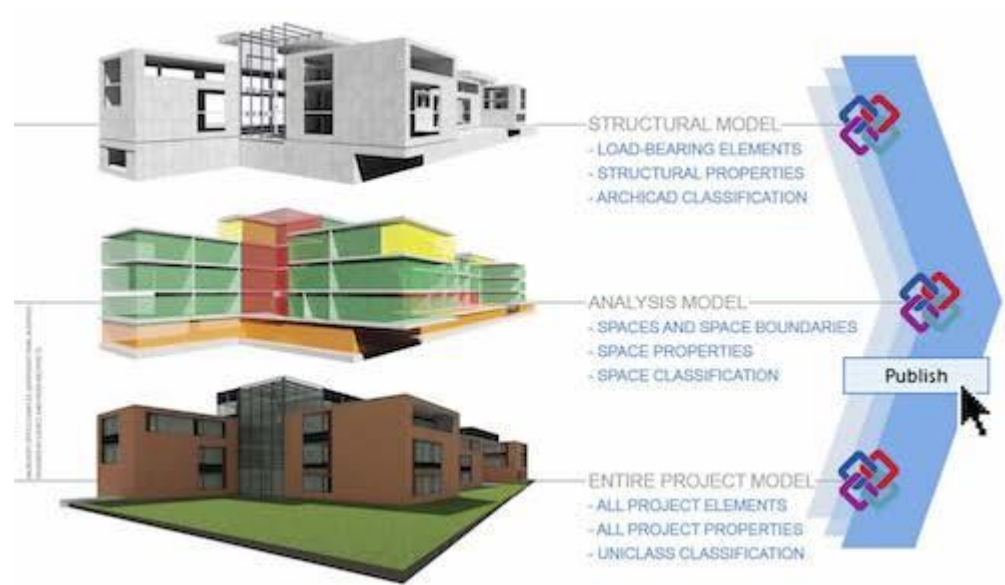


Figura 2- 5 De izquierda a derecha, los formatos ISO interoperables para Aeronáutica y Espacial, Defensa, y Petróleo y Gas

2.3.1.1. IFC Permite la colaboración efectiva entre sistemas

Mediante un archivo interoperable como IFC, u otros como LandXML (más vinculado al mundo de la infraestructura y movimiento de tierras) o los estándares ISO 15926-2 de diseño de plantas, es posible traspasar el objeto “no editable”, a los distintos actores del proceso de diseño, sin los inconvenientes que genera el compartir el modelo editable en formato nativo (el que guarda la aplicación que crea el modelo) el cual invariablemente tiene un alto grado de propiedad intelectual que no siempre

todos están dispuestos a compartir, tanto por celo profesional como por consideraciones de responsabilidad legal en el desarrollo de los proyectos.



Fuente: GRAPHISOFT

Figura 2- 6 Concepto del Modelo de Referencia. Diferentes modelos, Diferentes Elementos, Diferentes Datos, y Diferentes Propietarios de los modelos

Mediante el uso de archivos IFC, usados como referencia por otras especialidades, se traspasa el modelo del edificio que la disciplina receptora necesita para comprender el proyecto y desarrollar su propio modelo BIM empleando la aplicación que se ajuste mejor a sus necesidades, sin incluir la información planimétrica, que existe y es necesaria en virtud del marco legal que rige a los profesionales del área, pero con toda la información de los elementos y organización constructiva requerida como entrada para el desarrollo continuo del proyecto. Lo anterior significa que, a través de un formato neutro de exportación como IFC, se puede traspasar una copia digital del objeto real que se construirá, con toda la información que se requiere para la toma de decisiones sin lugar a las interpretaciones que los tradicionales dibujos 2D propician.

2.3.1.2. Consideraciones al utilizar BIM

Las principales consideraciones al utilizar BIM en un proyecto son las siguientes:

- ❖ ¿Qué es lo que debo enviar a la especialidad con la que colaboro? Lo primero que se envía es el modelo 3D con los datos e información, que es posible abrir en una aplicación BIM de pago o gratuita. De este modo, no hay lugar para argumentar que la contraparte malinterpretó la información. Si existe la posibilidad que la aplicación BIM que recibe el archivo no sea capaz de leer toda la información del modelo, el mercado ofrece alternativas de visualizadores “gratuitos 3” como Solibri Model Viewer o Tekla BIMsight, entre otros. También se da la posibilidad de una deficiente configuración por parte del usuario para exportar a IFC o en un modelado que no ingresa la información en las secciones dedicadas para ello. En ese sentido, es importante que la información no solo exista, sino que exista en la sección destinada para ello, lo que refleja una modelación correcta. En este caso, el usuario debiera exigir al desarrollador una solución en su trabajo de exportación al formato interoperable, de manera de tener resuelto este aspecto. De este punto se desprende que el modelo es la verdad absoluta.
- ❖ ¿Qué información debo incluir en el modelo? Debe modelarse todo lo que la otra especialidad requiere para tomar decisiones con la información necesaria para comprender el modelo. Si no se modeló, simplemente no existe o más bien no será considerado por el siguiente actor del proceso, por lo tanto, mi capacidad de exigir infundadamente desaparece. La información es simétrica, mientras comparto todo lo que el otro necesita, mejores resultados, y por lo tanto exigibles.
- ❖ ¿Existen protocolos de modelamiento para intercambiar usando IFC? El modelo construido con responsabilidad ayuda a todos. En general, los usuarios avanzados de las distintas plataformas de software reconocen buenas y malas prácticas en cuanto al modelo y organización de este. En relación con las malas prácticas, por ejemplo, editar el perfil de muros en elevación para ahorrar tiempo o generar grupos anidados, producen una mala interpretación del modelo IFC y también resultados “no editables” en la transformación de IFC a formatos nativos, si lo que se busca es rescatar información en la generación del modelo de referencia.
- ❖ ¿Puedo subir mis tarifas, dado que estoy usando BIM? En cualquier industria el costo de horas/hombre, licencias, equipos y capacitación deben considerarse como parte del trabajo que se desarrolla y transmitirse como costo al proyecto de forma gradual.

- ❖ ¿Pero nadie reconocerá mi esfuerzo en mejorar los flujos? En función de lo anterior, discutir el beneficio de todos y repartir “excedentes” también suena radical para la manera tradicional de hacer y obviamente genera ruido en el mandante, pero debe ser puesto en el tapete y asumirse con responsabilidad por todas las partes. Lo anterior se enuncia en la literatura BIM como Integrated Project Delivery (IDP) o Entrega Integrada de Proyectos como una manera efectiva de producir colaboración.
- ❖ ¿Podré emular mis practicas CAD en BIM? Un proyecto en CAD es una serie de dibujos representados con líneas sin ninguna conexión entre sí. Mientras que en BIM todo está vinculado, donde muchas personas desarrollarán un mismo proyecto, interviniendo en un mismo ambiente, compuesto de uno o varios archivos vinculados. Sin procedimientos y manuales internos que guíen este proceso, y que regularmente establezcan la revisión del modelo BIM en busca de errores, seguramente conducirá nuevamente al dibujo 2D de CAD y una desilusión con respecto a la promesa de BIM. Lo anterior es un tema cultural que debe enfrentarse, ya que desafortunadamente, nuestra visión como país es que “en el camino se arregla la carga” lo cual puede ser cierto, pero en una práctica que requiere colaboración, puede ser el camino al fracaso.



Fuente: GRAPHISOFT

Figura 2- 7 En CAD, una serie de dibujos sin relación, se usan para representar un edificio

2.3.1.3. Algunos beneficios de usar BIM

La información BIM no deja de existir cuando finaliza un proyecto, de hecho, ese día puede ser el comienzo de un proceso de “arreglar la carga” que puede durar 50 años y que tal vez nadie será capaz de entender por qué pasa asumiendo una postura resignada a la realidad ¿No valdrá la pena invertir algunas semanas antes de poner el primer muro en el modelo, y registrar como lo haré frente a años corrigiendo errores? Si bien existen innumerables beneficios en el uso de BIM durante la etapa de diseño y construcción entre ellos, ahorro de tiempo y dinero, el mayor beneficio se encuentra cuando este modelo y la riqueza de información que incorpora, es usado en conjunto con aplicaciones de administración de edificios o Facilities Management (FM), sobre todo en proyectos complejos que requieren sistemas de apoyo para su funcionamiento como hospitales o industrias, para administrar las mantenciones y costos asociados a estos equipos. Una cifra tradicional es considerar que el costo total de un edificio en un lapso de 40 años es de un 3% para diseño, 26% para construcción y 71% durante las operaciones, por lo que un ahorro de 1% ya sea en construcción u operaciones implica un ahorro significativo para cualquier compañía.

2.3.1.4. Necesidad de estándares

De acuerdo con lo analizado en el presente artículo, BIM se basa en una metodología que permite ingresar, en un ambiente de datos común como IFC, toda la información de un edificio, pero solo alcanza su madurez cuando esta información es compartida y existe un flujo de trabajo que permite usar estos modelos durante todo el ciclo de vida de la obra. Si estos flujos de trabajo son coherentes y permiten la retroalimentación entre los distintos actores, los beneficios en costo y ahorro de recursos son enormes. Aunque la mayoría de las aplicaciones incorporan flujos de trabajo internos más o menos definidos para producir el modelo, la interacción que debe producirse para los procesos de revisión y validación de la información, tanto interna como externa, no son formalizados debido a que el software debe responder a múltiples mercados con distintas necesidades y requerimientos. De esto se deduce que estos flujos de colaboración deben ser diseñados y definidos localmente y basados en protocolos de comunicación que se sustentan en estándares, que, para formalizarse, requieren un enorme esfuerzo, tiempo, conocimientos y personal capacitado. Dichos estándares no solo deben enfocarse en un resultado final, si no que a la evolución que el modelo tiene en las distintas fases, donde inicialmente debe centrarse en aspectos de geometría y tamaño de los elementos del modelo, para luego incorporar definiciones más detalladas de los materiales, procesos constructivos e información no geométrica (metadatos) que cada elemento debe incorporar, hasta un modelo que prácticamente es un símil 1 a 1 del edificio real. Lo anterior es reconocido como LOD (o LoD) por su acrónimo en inglés que puede significar nivel de desarrollo (level of development) o nivel de detalle (level of detail), dependiendo del país de origen del estándar. Aunque este tipo de definiciones y/o sistemas de

organización existen en el mundo, dado que la construcción depende íntimamente de los materiales disponibles en una región y del capital humano, difícilmente es posible tomarlos y aplicarlos en cada zona tal cual fueron concebidos en su lugar de origen, pero al menos pueden guiar la manera de hacer, hasta que un país defina de manera centralizada un sistema local. (Patricio Zapata A. – BIM Consultan LATAM - GRAPHISOFT, 2017)

2.3.2. EL BIM EN LA INFRAESTRUCTURA

Ahora, que recién comenzamos a entender el gran cambio de paradigma que significa BIM frente a la forma tradicional de llevar nuestros proyectos, le agregamos un apellido; "infraestructura". ¿Qué significa esto exactamente? ¿Es el BIM aplicable como un modelo transversal a cualquier proyecto de construcción? ¿Se debe diferenciar nuestra forma de hacer BIM según lo que estemos construyendo? Surgen varias preguntas en este sentido. A muchos de los que vemos a diario proyectos complejos y obras cada día más especializadas, nos hace más sentido comenzar a utilizar la metodología BIM en la industria de la construcción, avanzando hacia un mayor uso, una envolvente que engloba características especiales y proyectos distintos a los que se puedan llevar dentro de la edificación, donde es cotidiano y reiterativo el entorno y nuestras funciones están relativamente bien controladas. En proyectos como una casa, edificio, obra mediana o proyecto habitacional ya existen muchas experiencias exitosas y en la gran mayoría no se enfrenta con dificultades extremas como en un megaproyecto hidroeléctrico, una planta de procesos minera, una línea de impulsión de agua salada, un puente colgante de alto tonelaje, una carretera concesionada de alta velocidad, túneles multiservicio, y un largo etcétera incluyendo puentes basculantes.

Nuestro país tiene experiencia desarrollando grandes obras, resolviendo problemas únicos con soluciones que requieren una coordinación multidisciplinar exitosa. Esto es primordial, colaborar entre diseños y estándares para que la construcción sea eficiente y funcional por ejemplo frente a eventos como terremotos. Llevando este concepto al BIM, debemos ser capaces de comunicarnos y entender la información transmitida en forma clara y precisa en relación con el proyecto. Es por esto por lo que el BIM para infraestructura se aborda desde una mirada mucho más global.

2.3.2.1. El BIM y la interoperabilidad para Infraestructura

Cuando se habla de BIM ya todos entendemos lo que es, una metodología, una combinación de personas, procesos y tecnología, concertados para colaborar y generar información digital inteligente asociada a un modelo 3D, que nos permita gestionar nuestro proyecto u obra. Cuando se establece la iniciativa de realizar un proyecto de infraestructura, la visión no es sólo optimizar los recursos en pos de maximizar el retorno de la inversión, sino también "asegurar el desarrollo económico del país a través de la infraestructura con visión territorial integradora, impulsar el

desarrollo social y cultural a través de la infraestructura, mejorando la calidad de vida de las personas y contribuir a la gestión sustentable del medioambiente, del recurso hídrico y de los ecosistemas.” (MOP 2017). Es por lo que la complejidad de los proyectos aumenta, siendo también mucho más necesario aplicar la metodología BIM. En grandes proyectos de infraestructura, existen problemas derivados de esta definición, ya que no existe una norma general para establecer parámetros de integración en todos los proyectos de todas las posibles especialidades involucradas en el BIM para un proyecto de infraestructura. Siguiendo con lo anterior, entendemos BIM para infraestructura como un proceso complejo que aborda otros aspectos a los más clásicos del BIM en edificación, en donde además de los acuerdos propios de una implementación BIM como definir el sistema de trabajo común en un Plan de Ejecución BIM (PEB). También se debe definir el nivel de madurez BIM, en donde exista un entorno de trabajo digital estándar multidisciplinar, traductores y flujos de traspaso de información entre los participantes del proyecto y en donde el activo digital construido en el modelo BIM sea transmisible mediante un estándar de comunicación integrado y permanente en el tiempo, un aseguramiento de la infraestructura IT o comunicación de un Entorno de Datos Compartidos (CDE por sus siglas en inglés) global en la nube y los usuarios con el nivel de acceso correspondiente, asegurar la integración de la información entre los sistemas de compra y los componentes del diseño 3D, y un largo etc.

Esta implementación con un gran número de participantes debe enfrentar retos en distintos escenarios como, por ejemplo:

Problemas contractuales:

- ❖ Mandantes establecen requerimientos BIM en forma genérica, sin detalles técnicos u operativos (EIR). Si bien este punto debería cambiar gracias a la Solicitud de Información en el futuro estándar BIM para proyectos públicos, aún falta madurez en este sentido.
- ❖ Definición del nivel de madurez del BIM no es singular a todos los participantes del proyecto, ya que existen diferentes contratistas y con diferentes formas de trabajar.

Problemas técnicos – tecnológicos:

- ❖ En general las herramientas de diseño BIM para proyectos de infraestructura no son interoperables aún entre distintas entidades del proyecto.
- ❖ Los entregables del modelo BIM e información de proyecto no son definidos detalladamente en un Master Information Delivery Plan (MIDP).
- ❖ A la Coordinación BIM le cuesta acceder y visualizar eficazmente la totalidad de la información modelada al abrir grandes modelos con muchas disciplinas.

Problemas metodológicos:

- ❖ Problemas al definir un escenario común de trabajo para todos los participantes del proyecto (PEB).
- ❖ Problemas en el control de la fuente de la información 2D y 3D.



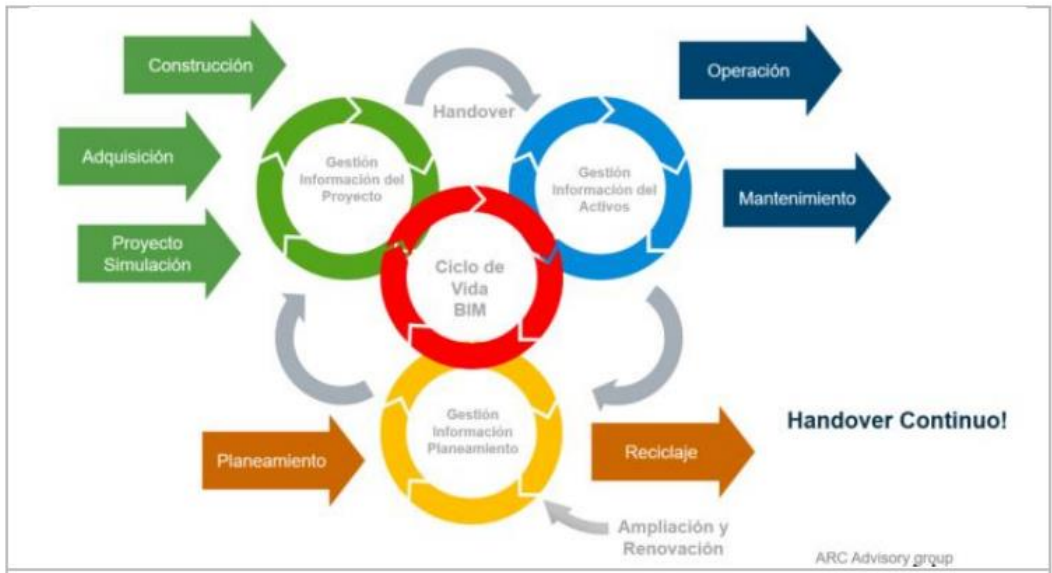
Fuente: blog.acaddemia.com

Figura 2- 8 Modelación infraestructura vial y eléctrica

Enfrentar el desafío con una mirada distinta

Dicho lo anterior, debemos dimensionar el problema que tendremos como profesionales de la industria de la construcción en proyectos de infraestructura. Establecer las diferencias de enfoque:

- ❖ Debemos ser capaces de adaptar nuestra plataforma metodológica y tecnológica a proyectos de infraestructura.
- ❖ Debemos conocer las diferentes relaciones con empresas externas que se nos exigirán en proyectos multidisciplinarios.
- ❖ Debemos estudiar constantemente nuestro entorno de trabajo BIM e implementar mejores prácticas para con ello mantener un CDE lo más abierto posible.
- ❖ Debemos conocer los productos tecnológicos BIM específicos a las tareas requeridas.



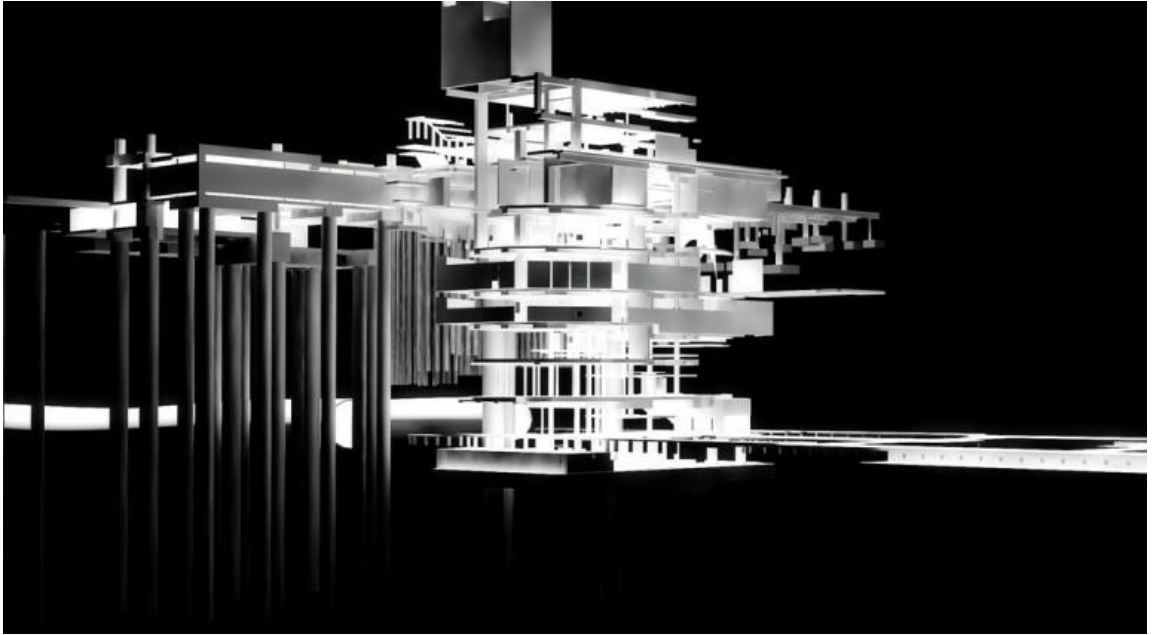
Fuente: ARC Advisory Group

Figura 2- 9 Ciclo de vida BIM

2.3.2.2. Realidad en infraestructura – casos y experiencias

Los proyectos de infraestructura aún no pueden ser definidos completamente por estándares abiertos como COBie o IFC. Esto debido a la falta de definiciones de entidades y sus propiedades técnicas en relación con este tipo de proyectos, la estructura general o jerarquías no están definidas aún para obras civiles, movimientos de tierra, equipamiento civil paramétrico*, o definiciones específicas de otras industrias, como por ejemplo piping de alta complejidad, sistemas eléctricos y de instrumentación, elementos de puentes normados; por ejemplo, según la AASHTO, entre otros aspectos. En este sentido se sigue trabajando con plataformas transversales que permitan interoperar con diferentes fuentes de información. La especialización desarrolla diversas plataformas de trabajo. No existe un software que permita modelar todo lo relacionado a BIM de infraestructura. ¿Por qué?, simplemente porque la industria del software ha evolucionado hacia la especialización de sus aplicaciones, impulsando el Software como Servicio (SaaS por sus siglas en inglés) en un futuro próximo. Esto implica que debemos enfocar nuestros esfuerzos en buscar aplicaciones BIM que nos permitan ser interoperables por un lado y eficientes en la ejecución de las labores de modelado, coordinación y generación de entregables por otro.

Las experiencias en grandes proyectos de infraestructura del mundo indican que se están descentralizando los proyectos desde sistemas propietarios hacia la integración con formatos abiertos, del que es posible al menos visualizar y gestionar la información del modelo. Cada vez más la tendencia es a administrar la información BIM de una forma centralizada, pero a la vez que sea flexible frente a la diversidad de fuentes de datos que el mercado ofrece. Un claro ejemplo es Crossrail, el proyecto de ampliación y remodelación del metro de Londres.

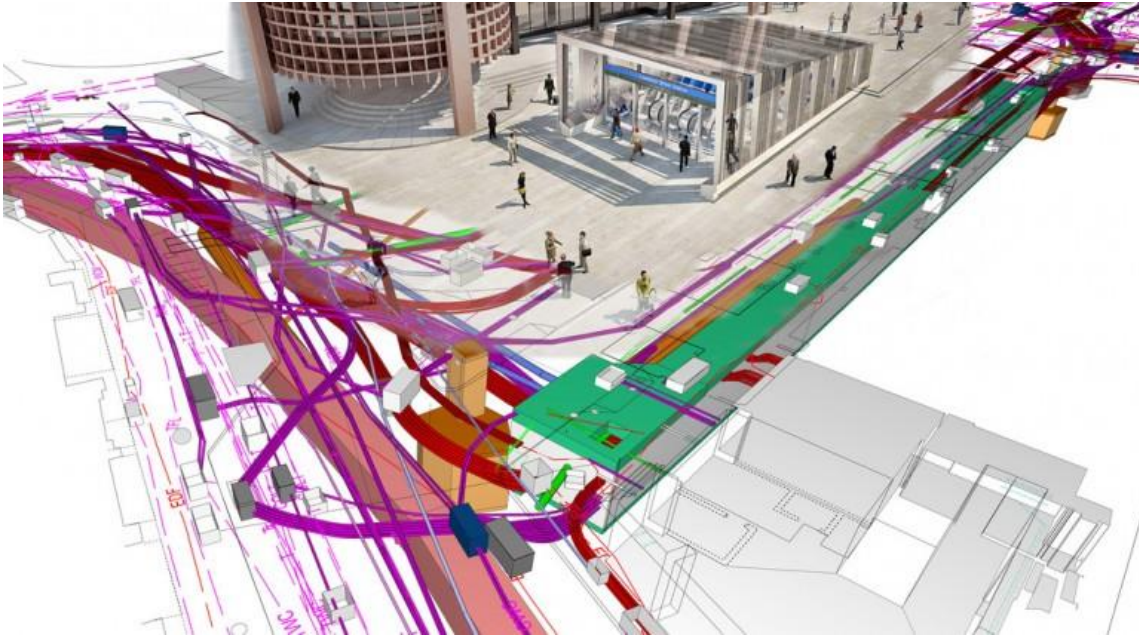


Fuente: Crossrail.co.uk

Figura 2- 10 Liverpool Street Station - western ticket hall west view structural engineering

En cifras:

- ❖ 1 ser centralizado de base de datos del proyecto
- ❖ 25 contratistas de diseño
- ❖ 30 contratistas de construcción principal
- ❖ 60 contratos de operadores logísticos
- ❖ 1 millón archivos CAD creados desde modelos 3D centralizados.



Fuente: Crossrail.co.uk

Figura 2- 11 Utility corridor to be created beneath Liverpool Street ticket hall

En este proyecto, el Employer's Information Requirements (EIR) del mandante estableció claramente los formatos requeridos entre los participantes. Se utilizó Microstation como canal de comunicación entre plataformas DGN y DWG, IFC a DGN como modelos inteligentes para luego entregar la información en I-models y PDFs 3D, siendo formatos neutros de comunicación.

El Common Data Environment (CDE) utilizado es ProjectWise, sistema de gestión de proyectos multiplataforma que relaciona lo mejor de dos mundos, el manejo de los flujos de trabajo en documentos y entregables, así como el control del diseño 3D mediante integración federada o por componentes.

En este proyecto no existe una división de las actividades de infraestructura o edificación, el componente 3D debe ser capaz de relacionar la información topográfica, los pavimentos de túneles, las estructuras de refuerzo, puentes, equipamiento de seguridad, equipamiento ferroviario, entre muchos otros elementos. Es por lo que la integración del modelo 3D recae en I-model, siendo hasta el momento un formato interoperable clave para la gestión de contenido que aún no es parte de elementos normados en otros estándares o modelos de información.

El BIM de infraestructura es una necesidad La metodología BIM nos exigirá que avancemos hacia entornos de trabajo multidisciplinar y con ello que seamos capaces de enlazar información más detallada entre nuestros proyectos, nuestro contexto y lo construido, siendo primordial contar con la información centralizada y disponible en cada momento como la fuente de la verdad de nuestro proyecto. Es nuestro deber ser flexible a la hora de adaptarnos a los cambios que los mandantes demandarán, ya que los proyectos no estarán siempre supeditados a la adquisición de una plataforma de diseño estándar para todos los participantes. El monitoreo y gestión

del proyecto de infraestructura también es una arista sumamente importante, que depende de la integración del modelo BIM con los datos del proyecto y como avanza esta alimentación de información durante el ciclo de vida. (Alexis Troncoso – Ingeniero en Geomensura – División Software GEOCOM, 2019)

2.4. NORMAS BIM -ISO- NCH

2.4.1. Antecedentes sobre la normalización internacional

International Organization for Standardization (ISO); es una organización internacional independiente, no gubernamental compuesta por 164 organismos nacionales de normalización miembros. A través de sus miembros, reúne a expertos para compartir conocimientos y desarrollar las Normas Internacionales voluntarias, basadas en el consenso, relevantes para el mercado, que fomenten la innovación y ofrezcan soluciones a los desafíos globales.

En su labor de desarrollador de Normas Internacionales, ISO ha publicado 22567 normas internacionales y documentos relacionados, cubriendo cada una de las industrias, desde tecnología a seguridad alimentaria para la agricultura y salud, impactando a todo y a todos.

Las Normas Internacionales – al igual que las nacionales – hacen que los productos y/o procesos se desarrollen en base a lenguaje y criterios comunes, basado en el conocimiento que aportan los expertos en su desarrollo y se convierten en un instrumento para facilitar el comercio.

Según la definición establecida por la ISO, una norma es:

Documento, establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que entrega, para usos comunes y repetidos, reglas y directrices o características para actividades o sus resultados, ayudando a la obtención de un grado óptimo de ordenamiento en un contexto dado.

Este tipo de documento, según sus características, puede establecer requisitos, especificaciones o directivas respecto al tema a abordar, los que son claramente detallados en su alcance y campo de aplicación.

2.4.2. Normalización sobre Building Information Modelling

2.4.2.1. Normalización Internacional

A nivel internacional, el trabajo de normalización respecto a BIM, está a cargo del Subcomité ISO/TC 59/SC 13; Organización y digitalización de la información de obras de edificación e infraestructura con BIM. Los objetivos de este Subcomité son, principalmente, la normalización del BIM para permitir el intercambio de información

de todo tipo, a lo largo de toda la vida del proyecto, y entre todas las entidades que participan en el proceso.

Las normas internacionales publicadas por el ISO/TC 59/ SC 13 son las siguientes:

- ❖ ISO 12006-2:2015 - Building construction -- Organization of information about construction works -- Part 2: Framework for classification
- ❖ ISO 12006-3:2007 - Building construction -- Organization of information about construction works -- Part 3: Framework for object-oriented information
- ❖ ISO/TS 12911:2012 - Framework for building information modelling (BIM) guidance
- ❖ ISO 16354:2013 Guidelines for knowledge libraries and object libraries
- ❖ ISO 16739-1:2018 - Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries -- Part 1: Data schema
- ❖ ISO 16757-1:2015 - Data structures for electronic product catalogues for building services -- Part 1: Concepts, architecture and model
- ❖ ISO 16757-2:2016 - Data structures for electronic product catalogues for building services -- Part 2: Geometry
- ❖ ISO 19650-1:2018 - 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 19650-2:2018 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) -- Information management using building information modelling -- Part 2: Delivery phase of the assets
- ❖ ISO 22263:2008 - Organization of information about construction works -- Framework for management of project information
- ❖ ISO 29481-1:2016 - Building information models -- Information delivery manual -- Part 1: Methodology and format
- ❖ ISO 29481-2:2012 - Building information models -- Information delivery manual -- Part 2: Interaction framework

Otros trabajos ISO relacionados a BIM

Dado que BIM es una metodología de trabajo colaborativo y multidisciplinar, no es extraño, que otros Comités técnicos de ISO estén desarrollando, directa o indirectamente, documentos relacionados con el BIM. Para ejemplificar lo anterior, se listan los principales trabajos identificados:

- ❖ ISO 11863:2011 - Buildings and building-related facilities. Functional and user requirements and performance. Tools for assessment and comparison (ISO/TC59/SC 3)
- ❖ ISO 15686-4:2014 - Building Construction. Service Life Planning. Part 4: Service Life Planning using Building Information (ISO/TC 59/SC 14, Design life.)

- ❖ ISO 29845:2011 - Technical product documentation. Document types. (ISO/TC 10/SC 1)
- ❖ ISO/CD 19166 - Geographic information. BIM to GIS conceptual mapping (B2GM) (ISO/TC 211)
- ❖ ISO/TR 16310:2014 - Symbol libraries for construction and facilities management (ISO/TC 10/SC 8)

2.4.2.2. Normalización Nacional

Comité Espejo Nacional

Se define como un Comité Técnico establecido en un país, para compartir información y visiones sobre propuestas y proyectos de normalización en un área en particular. Cuando el comité refleja la estructura del Comité Técnico de ISO, se denomina Comité Espejo. Chile, a través del Instituto Nacional de Normalización (INN) generó la instancia para la constitución de este comité. El 21 de marzo de 2018 se realizó la primera reunión, convocando a los actores relevantes para la implementación de BIM en Chile, para exponer las labores del comité y la proveer la instancia para que expertos nacionales pudiesen aportar al desarrollo en el ámbito internacional, de la que BIM Forum Chile participa desde sus inicios.

Avances del Comité

A la fecha el Comité Espejo Nacional, ha realizado 8 reuniones, en las que se ha ejecutado el programa de trabajo 2018, el que contemplaba el seguimiento del estudio internacional de las dos normas, que son materia del presente artículo y la republicación de las normas internacionales que se listan a continuación.

- ❖ Republicaciones de normas internacionales
 - NCh-ISO12006/3:2018 - Construcción de edificaciones - Organización de la información de los trabajos de construcción - Parte 3: Marco para la información orientada a objetos
 - NCh-ISO29481/1:2018 - Modelos de información de construcción - Manual de entrega de la información - Parte 1: Metodología y formato
 - NCh-ISO29481/2:2018 - Modelos de información de construcción - Manual de entrega de la información - Parte 2: Marco de trabajo para la interacción
- ❖ Seguimiento de proyectos de normas internacionales:
 - ISO 19650-1:2018 - Organización y digitalización de la información de obras de edificación e infraestructura, con BIM – Gestión de la información utilizando BIM -- Parte 1: Conceptos y principios
 - ISO 19650-2:2018 - Organización y digitalización de la información de obras de edificación e infraestructura, con BIM – Gestión de la información utilizando BIM -- Parte 2: Fase de entrega de los activos

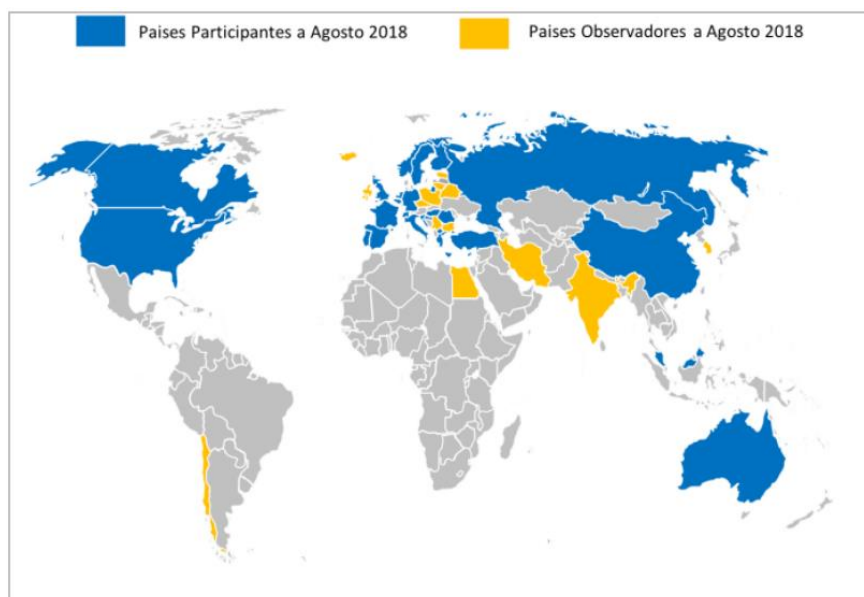
2.4.2.3. Serie de normas internacionales referidas a BIM - ISO19650

Periodo de desarrollo

La propuesta de estudiar las dos primeras normas de la serie ISO19650, fue aprobada en noviembre del 2014, luego de esta etapa se dio inicio al trabajo de ambos borradores de norma para ser enviada en consulta entre los países miembros del comité ISO/TC59/SC13, en agosto de 2016. La revisión y comentarios por parte de los países miembros participantes fue un proceso no exento de dificultades, ya a que los borradores finales debieron ser circulados en dos ocasiones entre los países, a raíz de la falta de consenso y los votos necesarios para su aprobación, según los criterios establecidos por la ISO para avanzar a etapas posteriores. Ambos borradores finales estuvieron abiertos para discusión y comentarios – en una primera instancia - entre febrero del 2017 y septiembre de 2017, fecha en la cual se determina que vuelva a ser revisado y repita la etapa de discusión junto a nuevas versiones de los borradores finales, entre enero 2018 a Julio del 2018. Finalmente, en agosto de 2018, ambos proyectos de norma internacional logran el porcentaje de aprobación requerido y son enviados como Final Draft International Standard (FDIS) o Borrador Final de Norma Internacional aprobada para revisión editorial por parte de la ISO.

Países involucrados

Los países involucrados en el desarrollo de ambas normas fueron principalmente europeos, debido a su estudio se realizó en paralelo con el Comité Europeo de Normalización en BIM, identificado por su sigla CEN/TC 442. Para agosto de 2018, fecha en la cual se aprueba la versión final de ambos documentos (ISO19650-1 e ISO19650-2); se encontraban 26 países en calidad de miembro P (participante) y 14 países en calidad de miembro O (observador).



Fuente: ISO

Figura 2- 12 Grupo de países integrantes del Comité ISO/TC59/SC13

Países Participantes	Países Observadores
Australia (SA)	Bielorrusia (BELST)
Austria (ASI)	Bulgaria (BDS)
Bélgica (NBN)	Chile (INN)
Canadá (SCC)	Egipto (EOS)
China (SAC)	Estonia (EVS)
Republica Checa (UNMZ)	Islandia (IST)
Dinamarca (DS)	India (BIS)
Finlandia (SFS)	República Islámica de Irán (ISIRI)
Francia (AFNOR)	Irlanda (NSAI)
Alemania (DIN)	Israel (SII)
Hungría (MSZT)	Republica de Korea (KATS)
Italia (UNI)	Lithuania (LST)
Japón (JISC)	Polonia (PKN)
Malasia (DSM)	Serbia (ISS)
Holanda (NEN)	Slovakia (UNMS SR)
Noruega (SN)	
Portugal (IPQ)	
Rumania (ASRO)	
Rusia (GOST R)	
Singapur (ESG)	
Eslovenia (SIST)	
España (UNE)	
Suecia (SIS)	
Suiza (SNV)	
Turquía (TSE)	
Reino Unido (BSI)	
Estados Unidos (ANSI)	

Actualmente Chile, por decisión del Comité Espejo en INN, posee el estatus de miembro P (participante) en el comité ISO/TC59/SC13 y esto ya se encuentra registrado en la página oficial de la ISO.

Alcance y campo de aplicación ISO19650- 1:2018

Organización y digitalización de la información de obras de edificación e infraestructura, con BIM – Gestión de la información utilizando BIM – Parte 1: Conceptos y principios.

Esta norma describe los conceptos y principios para la gestión de la información en una etapa de madurez descrita como “Modelado de Información de Construcción - Building Information Modelling (BIM) de acuerdo con la serie ISO19650”.

Este documento proporciona recomendaciones de un marco de trabajo para la administración de la información, que incluye el intercambio, registro, control de versiones y organización para todos los actores involucrados.

Esta norma aplica a todo el ciclo de vida de cualquier activo construido, incluyendo la planificación estratégica, diseño conceptual, diseño de ingeniería, desarrollo, documentación, construcción, operación, mantenimiento, rehabilitación y fin de la vida útil.

Esta norma puede ser adaptada a los activos o proyectos de cualquier escala y complejidad, para no obstaculizar la flexibilidad y versatilidad que caracterizan la amplia gama de posibles estrategias de adquisición; los conceptos y principios pueden adaptarse para abordar el costo de la implementación de esta norma (ISO, 2018).

Alcance y campo de aplicación ISO19650- 2:2018

Organización y digitalización de la información de obras de edificación e infraestructura, con BIM – Gestión de la información utilizando BIM – Parte 2: Fase de entrega de los activos

Esta norma especifica los requisitos para la gestión de la información, en forma de un proceso de gestión, en el contexto de la fase de entrega de los activos y los intercambios de información utilizando BIM.

Este documento se puede aplicar a todos los tipos de activos y por todos los tipos y tamaños de organizaciones, independientemente de la estrategia de adquisición elegida (ISO, 2018).

2.4.2.4. Contenido técnico de las normas

Descripción general

A continuación, se listan los contenidos o cuerpo técnico de las normas abordadas en el presente artículo. Este listado constituye la tabla de contenido de cada una de las normas y pretende entregar al lector un acercamiento a los temas abordados.

Contenidos ISO19650-1:2018

Esta norma comienza con el alcance y campo de aplicación que se encuentra descrita anteriormente, que detalla su ámbito de acción, luego sigue con el siguiente listado de contenidos.

- ❖ Cláusula 3: Términos y definiciones. Esta norma posee 35 términos, los cuales se agrupan en generales (2); relativos a los activos y proyectos (14) y relativos a la gestión de la información (19).
- ❖ Cláusula 4: Información de activos y proyectos, perspectivas y trabajo colaborativo. En este capítulo, se define como parte de los principios, que la

información tanto de los proyectos y activos son “repositorios estructurados de información necesaria para la toma de decisiones durante todo el ciclo de vida de la construcción, incluyendo información estructurada y no estructurada”. Luego establece que la gestión de la información puede ser representada como una secuencia de estados de madurez (3 estados o niveles). Para finalizar, se entregan directrices sobre las perspectivas de gestión de la información, las cuales debieran ser incorporadas en las solicitudes de información, en la planificación de la información, su entrega y formatos.

- ❖ Cláusula 5: Definición de las solicitudes de información y los modelos de información resultantes. En este capítulo de la norma, se enfatiza la toma de conciencia por parte del solicitante o mandante sobre la información aplicable al proyecto o activo, la que debe estar alineada a los objetivos generales del proyecto u organizacionales. Se menciona entre los propósitos de la solicitud de la información ejemplos como: registros del activo para reportes y auditorias, apoyo al cumplimiento legal y requisitos propios del proyecto, gestión de riesgos, capacidad para la gestión, operación y mantención, análisis de impactos a lo largo del ciclo de vida del activo, entre otros.

Los diferentes tipos de información y modelos son desarrollados en detalle, las cuales se ordenan según su jerarquía. Estos tipos de información y/o modelos son.

- Requisitos de Información Organizacional (OIR; por sus siglas en inglés)
- Requisitos de Información del Activo (AIR; por sus siglas en inglés)
- Requisitos de Información del Proyecto (PIR; por sus siglas en inglés)
- Requisitos de Intercambio de Información (EIR; por sus siglas en inglés)
- Modelo de Información del Activo (AIM; por sus siglas en inglés)
- Modelo de Información del Proyecto (PIM; por sus siglas en inglés)
- ❖ Cláusula 6: Ciclo de entrega de la información. En este capítulo, se mencionan los principios para la especificación y entrega de la información del activo y del proyecto, considerando que:
 - La información es necesaria para la toma de decisión durante todas las etapas del ciclo de vida del activo;
 - La información es especificada de forma progresiva a través de requerimientos definidos por el mandante o solicitante;
 - El intercambio de información involucra el compartir y coordinar la información mediante un entorno de datos compartidos (CDE; por sus siglas en ingles), utilizando estándares abiertos cuando sea posible.

Complementando lo anterior, se subraya que el ciclo de entrega de información debería estar alineado con el ciclo de vida del activo y

contenido en el ámbito de la gestión del activo/proyecto y de la organización.

Adicionalmente, se incorpora un apartado en donde se entregan algunos principios y esquemas respecto a la configuración de la solicitud de información y la planificación de su entrega, explicando cómo el equipo de entrega provee la información para diversos actores involucrados (solicitante; operador del activo; tomador de decisión), como se verifica y valida dicha información al inicio y al final de las etapas del proyectos (hitos) y como ésta información es difundida para todo el resto del equipo de entrega.

❖ Cláusula 7: Funciones de la gestión de la información del proyecto y/o activo. En este capítulo de la norma, se enfatiza que los principios de claridad, responsabilidad, grado de autoridad de las funciones, en conjunto con un alcance bien definido son aspectos esenciales para una efectiva gestión de información. Estas funciones deben estar bien definidas en el alcance de los servicios y otras obligaciones contractuales. Seguidamente, se resalta que las funciones o roles BIM, no son inherentes a los cargos y/o título profesional. Complementando, se detallan aspectos a considerar sobre algunas funciones de gestión de información a lo largo de su ciclo de vida.

❖ Cláusula 8: Competencias y capacidades del equipo de entrega. En este capítulo de la norma, se menciona que el mandante debería revisar las competencias y capacidades del personal propuesto por el oferente, utilizando capacidades internas o apoyado por una tercera parte.

Se sugiere que la revisión antes mencionada, contenga los siguientes aspectos:

- Compromiso para cumplir con los aspectos abordados en esta norma internacional y con las solicitudes de información.
- Experiencia del equipo/personal propuesto en trabajo colaborativo e información basado en contenedores o paquetes de información.
- Experiencia y acceso a tecnologías de información definidas o propuestas para el proyecto.
- Experiencia global y equipo acorde a los requerimientos del proyecto.

❖ Cláusula 9: Información del trabajo colaborativo basado en contenedores o paquetes de información En este capítulo de la norma, se enfatiza que la información debe ser estructurada y en base a un listado de principios del trabajo colaborativo basado en contenedores o paquetes de información, todo lo anterior para cumplir los objetivos planteados.

Los principios antes mencionados son:

- La producción de la información debe respetar los acuerdos de autoría de esta.
- El nivel de detalle en la provisión de información debe ser definida claramente según el nivel requerido.

- Para la producción, uso y mantención de la información se debe contar con un entorno de datos compartidos (CDE) que entregue la información de forma apropiada, en tiempo, seguridad y disponibilidad, según los requerimientos establecidos.
 - Los modelos de información deben ser desarrollados usando tecnologías que permitan demostrar conformidad respecto a esta norma (estándares abiertos).
- ❖ Cláusula 10: Planificación de la entrega de información. En este capítulo de la norma, se establece que la planificación para la entrega de información, definido en un Plan de Ejecución BIM (PEB), es responsabilidad del oferente, debiendo ser formulada en respuesta a la solicitud de información establecida por el mandante en el alcance del acuerdo.

Respecto a la entrega de información, esta debiera contemplar al menos:

- Cómo responde a los AIR o EIR (ver los tipos de información definidos en Cláusula 5).
- Cuando se entregará, (hitos y fechas).
- Cómo se entregará.
- Cómo se coordinará entre las partes involucradas.
- Qué se entregará.
- Quién es el responsable de la entrega.
- Quién la recibirá.

Se sugiere que se genere una planificación previa de la entrega de información en la etapa de oferta Plan de Ejecución BIM (PEB) inicial, y en caso de ser requerido se desarrolle una más específica en cuanto se adjudique el proyecto; Plan de Ejecución BIM (PEB) definitivo.

Otros principios, como la apropiada definición de los plazos de entrega, la generación de una matriz de responsabilidades y la estructura de desglose de tareas (WBS en sus siglas en inglés) para los contenedores de la información o paquetes de información son abordados en el documento.

- ❖ Cláusula 11: Gestión de la producción colaborativa de información.
- En este capítulo de la norma, se sugiere la implementación de un entorno de datos compartidos (CDE) y un flujo de trabajo a fin de permitir que la información sea accesible según el rol desempeñado en el proyecto. Si bien estas soluciones pueden ser implementadas utilizando diferentes tecnologías, se menciona que para "BIM acorde a ISO19650" o nivel de madurez 2 la solución de un entorno de datos compartidos (CDE) y un flujo de trabajo permiten el desarrollo de un modelo de información federado.
- Seguidamente, se menciona una lista de problemas que se pueden generar en el modelo de información, los cuales debieran ser evitados en las etapas previas a la entrega de la información (entregables). Con el fin de disminuir el riesgo de aparición de dichos problemas, se enfatiza la adopción de una estrategia de modelo federado.

Para un apropiado funcionamiento del modelo de información sugerido (federado), se hace necesario definir un nivel de información (NDI) adecuado en cuanto a calidad, cantidad, procurando que cada nivel establezca el mínimo de información suficiente, evitando incorporar o requerir información que no sea relevante para el nivel establecido.

En lo que respecta a la calidad de la información, esta norma indica que debe ser entendida y acordada por todos los actores involucrados en el proceso, y para ello se lista los siguientes aspectos a considerar:

- Formatos de la información.
- Formatos de los entregables.
- Estructura del modelo de información.
- Nomenclatura para estructurar y codificar los datos o información.
- Nombre para la información no gráfica de los objetos (atributos/propiedades).
- Sistema de clasificación.

En esta norma se menciona que el sistema de clasificación debería seguir los principios de ISO12006-2. En cuanto a los objetos, seguir con los principios de ISO12006-3 para el intercambio de objetos.

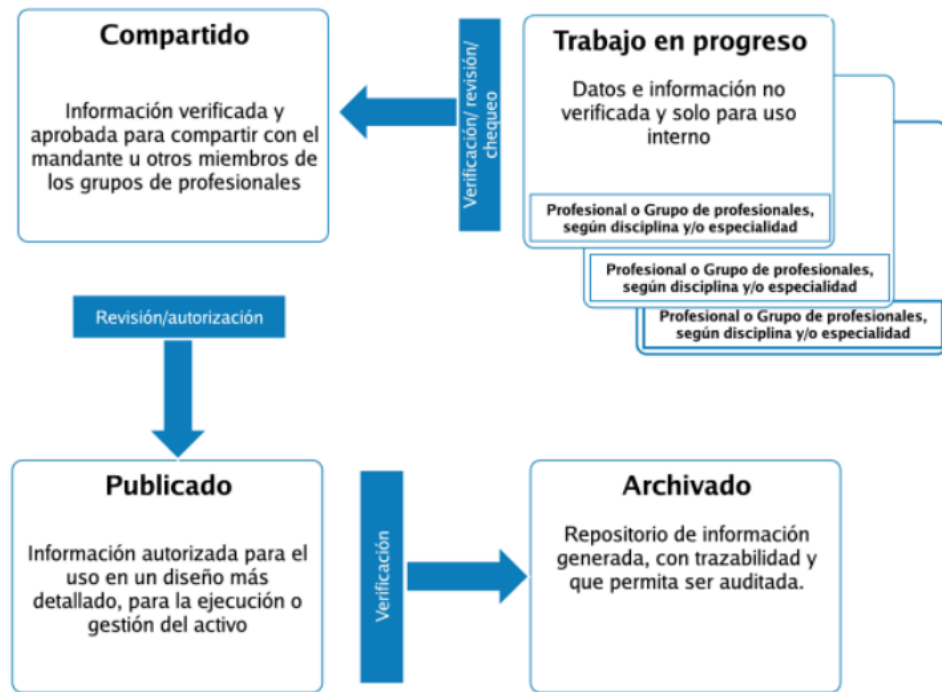
❖ Cláusula 12: Entorno de datos compartido, solución y flujo de trabajo.

En este capítulo de la norma, se reitera la importancia de contar con un entorno de datos compartidos (CDE) y un flujo de trabajo para gestionar la información. Se destaca que el contar con ambos apoya el proceso de gestión de información en la fase de entrega, la cual es abordada en la norma ISO19650-2:2018.

Seguidamente, se establece que la información actualizada (última versión) de cada contenedor o paquete de información, como parte integrante de un entorno de datos compartido (CDE) debiese estar definido en uno de los 3 estados siguientes:

- trabajo en progreso (work in progress)
- compartido (shared)
- publicado (published)

También se define un estado "archivado" el cual permite proveer información trazable para auditorias. Todos estos estados se encuentran descritos como se muestra en la siguiente figura.



Fuente: ISO19650-1

Figura 2- 13 Concepto de un entorno de datos compartido (CDE en inglés)

- ❖ Cláusula 13: Resumen BIM acorde a ISO19650. En este capítulo de la norma, se menciona que todos los conceptos y principios abordados en anteriormente (capítulos 4 al 12) apoyan a la implementación de BIM acorde al nivel 2 definido en esta norma.

Contenidos ISO19650-2:2018

Esta norma comienza con el alcance y campo de aplicación que se encuentra descrito en 5.4, que detalla su ámbito de acción, luego sigue con el siguiente listado de contenidos:

- ❖ Cláusula 3: Términos y definiciones.
Esta norma posee 7 términos, los que se agrupan en generales (1); relativos a los activos y proyectos (2) y relativos a la gestión de la información (4), complementando a los incorporados en la norma ISO19650-1.
- ❖ Cláusula 4: Gestión de la información durante la etapa de entrega de los activos.
Este capítulo ilustra, mediante un esquema, el proceso de gestión de información que aplica a la etapa de entrega para cada oferente independiente de la etapa del proyecto. Según esta norma, las actividades relacionadas a las etapas son:
 - Evaluación y necesidad
 - Llamado a licitación
 - Respuesta a la licitación
 - Adjudicación/Resolución

- Movilización del equipo
- Producción colaborativa de la información
- Entrega de la información del modelo
- Cierre del proyecto

Cada una de estas actividades son desarrolladas en profundidad en el capítulo 5 de la norma.

- ❖ Cláusula 5: Proceso de gestión de la información durante la fase de entrega de los activos.

Como se indicó anteriormente, este capítulo desarrolla en profundidad cada una de las actividades, identificadas entre las sub-cláusulas 5.1 a 5.8 y que en este artículo se describen de manera resumida.

- Evaluación y necesidad (ISO 19650-2; 5.1)

Esta sub-cláusula indica que se debe(n) designar a quien(es) asumirá(n) la función de gestión de la información; estableciendo los requerimientos de información del proyecto (el qué); los hitos de entrega de información del proyecto (el cuándo); los estándares, métodos y procedimientos para la producción de información del proyecto (el cómo); las referencias de información y recursos compartidos del proyecto; el entorno de datos compartidos (CDE) del proyecto; los protocolos de información del proyecto y la evaluación de todas las actividades. Cabe mencionar que todos estos aspectos deberían ser definidos por el mandante y/o solicitante.

- Llamado a licitación (ISO 19650-2; 5.2)

Esta sub-cláusula indica que se debe(n) establecer lo(s) requerimiento(s) de intercambio de información para el oferente, la información de referencia y los recursos compartidos, los requisitos de respuesta de la licitación y los criterios de evaluación, la información requerida para la licitación y las actividades para el llamado a licitación.

- Respuesta a la licitación (ISO 19650-2; 5.3)

Esta sub-cláusula indica que se debe(n) designar quién(es) llevará(n) a cabo la función de gestión de la información, definir el equipo de entrega en el llamado (PEB inicial), la evaluación de la capacidad y competencias del equipo de trabajo, las capacidades del equipo de entrega, el plan de movilización y despliegue del equipo de entrega, el registro de los riesgos del equipo de entrega, como se recopilará la información generada por el equipo de entrega para la propuesta/licitación y las actividades para responder a la propuesta/licitación.

- Adjudicación/Resolución (ISO 19650-2; 5.4)

Esta sub-cláusula indica que se debe confirmar el equipo de entrega definido en el PEB inicial, desarrollar una matriz de responsabilidad detallada para el equipo de entrega, establecer los requerimientos del intercambio de información del oferente principal, el o los planes de

entrega de información de cada equipo de trabajo, el plan maestro de entrega de información, completar los documentos del oferente principal y sus equipos de trabajo y las actividades para la adjudicación definitiva. Lo anterior son acciones requeridas en caso de ser necesario un PEB definitivo.

- Movilización del equipo (ISO 19650-2; 5.5) Esta sub-cláusula indica que una vez adjudicado el proyecto, se deben movilizar los recursos e infraestructura necesaria para generar la información, realizando pruebas a los métodos y procedimientos definidos en las etapas previas, para detectar posibles fallas y actuar sobre ellas.
- Producción colaborativa de la información (ISO 19650-2; 5.6) Esta sub-cláusula indica que el paso siguiente es corroborar el acceso a la información y recursos compartidos contenidos en el entorno de datos compartidos (CDE) definido para el proyecto. Una vez realizado se debe comenzar con la generación de la información, llevar a cabo un control de calidad, revisar y aprobar la información para ser compartida, revisar el modelo de información y realizar las actividades para la producción de la información de manera colaborativa.
- Entrega de la información del modelo (ISO 19650-2; 5.7) Esta sub-cláusula indica que las actividades siguientes corresponden al envío del modelo de información para autorización por parte del oferente principal, luego la revisión y autorización del modelo de información, el envío del modelo de información al mandante/solicitante y finalmente la revisión y aprobación del modelo.
- Cierre del proyecto (ISO 19650-2; 5.8) Esta sub-cláusula indica que se deberían realizar acciones que permitan archivar la información del proyecto para su mantención, reutilización, auditorías u obtención de lecciones aprendidas, lo cual pueda ser utilizado en futuros proyectos. Lo anterior se debería realizar en un entorno de datos compartido (CDE), de acuerdo con los requerimientos del proyecto.

(Francisco Maureira A. – Consultor Senior – Independiente, 2019)

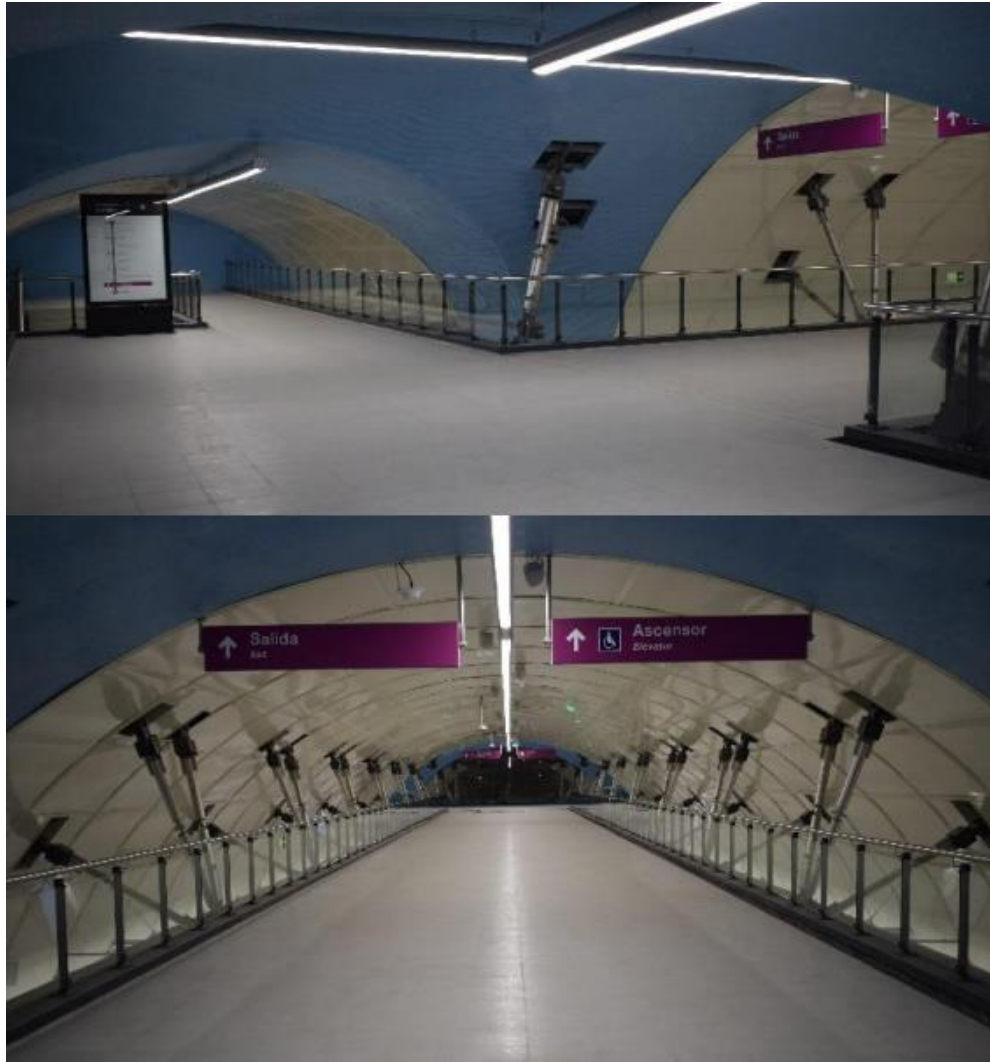
2.5.COMPARATIVA ANALÍTICA BIM FRENTE A SOLUCIÓN TRADICIONAL

Metro de Santiago inauguró recientemente el último hito del Proyecto P63, que es como se define al Proyecto de las nuevas Línea 6 y 3. Una parte de estos proyectos fue el contrato de Diseño y Construcción de los Revestimientos Interiores. Ferrovial Agroman, se adjudicó el trabajo en Línea 6 y, como el requisito contractual establecía solo uso 2D; se empleó la solución tradicional tanto para el diseño como para la ejecución. Sin embargo, meses más tarde, la misma empresa también fue adjudicatario del Diseño y Construcción del Revestimiento de la Línea 3, y en este

caso se decidió realizar todo el proceso con metodología BIM pese a no ser requerimiento contractual. Es así como nos encontramos con dos contratos muy similares, desarrollados de formas diferentes y en los que se pueden realizar análisis comparados. Ferrovial Agroman contactó con Planbim y la Pontificia Universidad Católica de Chile con quienes tiene un convenio de formación y prácticas de alumnos. Se subvencionó a un alumno de Magister de la PUC para realizar un análisis objetivo de forma analítica, supervisado y auditado por Planbim, quien colaboró en establecer los parámetros a analizar. El fruto de este estudio desembocó en una tesis de magister y actualmente les presentamos los resultados obtenidos.

2.5.1. Sistema tradicional Línea 6

El proyecto básico de Revestimientos Interiores de la Línea 6, establecía el empleo de unos paneles estandarizados de acero vitrificado (Vitrispan) y la introducción en todas las zonas irregulares de mosaico vítreo (Archicerámica). Para ello había que realizar una impermeabilización del trasdós mediante una lámina especialmente preparada para el fuego (lámina imperlex), una subestructura que diese la forma curva del revestimiento y sobre ella se alojarían todos los distintos materiales de terminación. El diseño incluía la integración de todos los elementos de otros contratos que debían interactuar con el revestimiento.



Fuente: Ferrovial Agroman

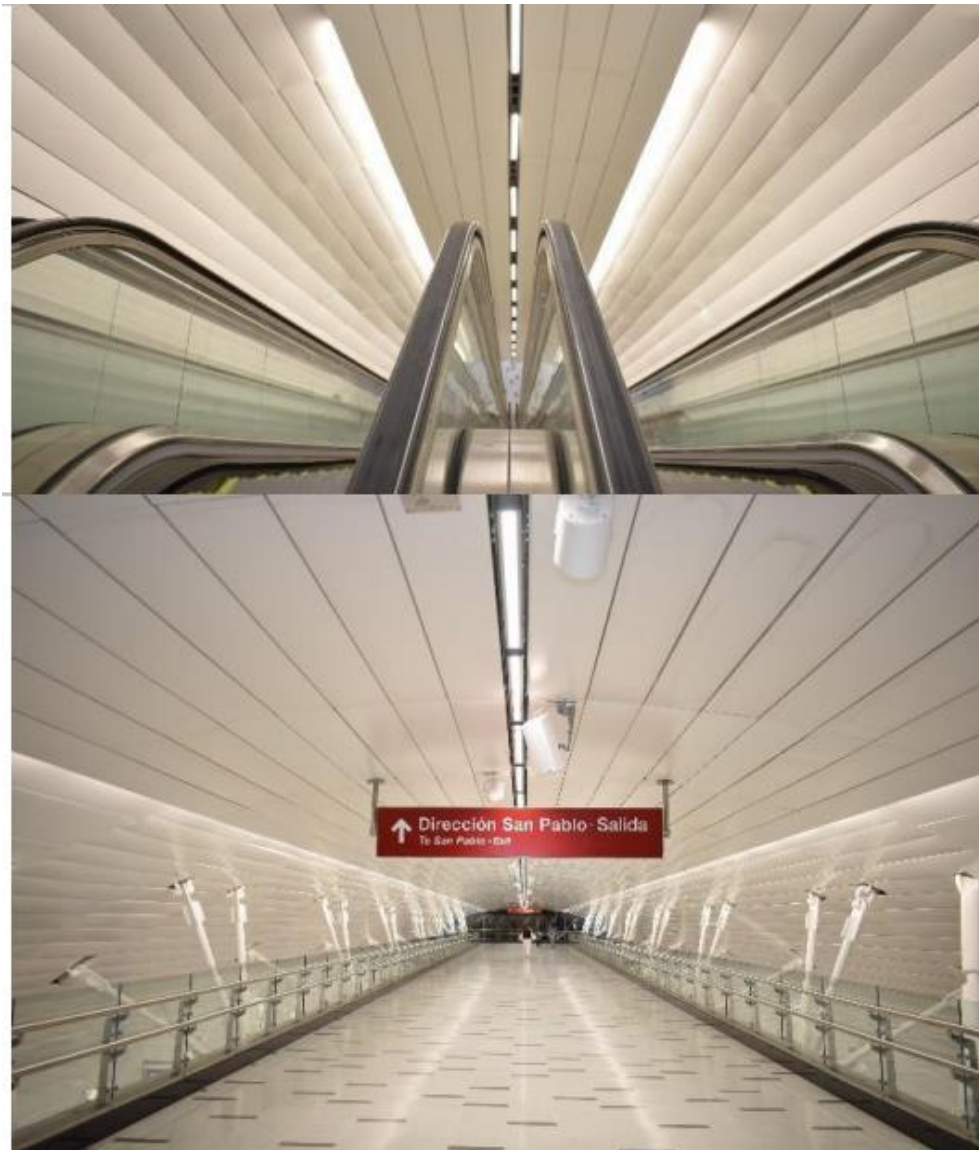
Figura 2- 14 Ejemplos de revestimiento Línea 6

Se elaboró un mock-up (prototipo) del revestimiento para analizar todas las interferencias y por requisito contractual. Todos los planos se diseñaron de forma tradicional, empleando software AutoCAD. Posteriormente, como suele ocurrir en la mayoría de las obras, hubo que realizar cambios al diseño, fruto de nuevos requerimientos del mandante. Todos fueron elaborados en AutoCAD. Todas las piezas metálicas se elaboraban con el mismo tipo de material estándar e intercambiable. Todas las zonas especiales y encuentros complicados se resolvían con mosaico vítreo, que se puede cortar y adaptar a cualquier alabeo de la superficie.

2.5.2. Metodología BIM Línea 3

El proyecto básico de Revestimientos Interiores de la Línea 3, establecía el empleo, únicamente, de material de aluminio para toda la superficie a revestir. Para ello había que realizar una impermeabilización del trasdós mediante una lámina especialmente

preparada para el fuego (lámina imperlex), una subestructura que diese la forma curva del revestimiento y sobre ella se alojarían los distintos paneles o lamas de aluminio. El diseño incluía la integración de todos los elementos de otros contratos que debían interactuar con el revestimiento. El contrato no exigía uso de BIM. Al contrario, solicitaba planos en dwg y elaboración de mock-up (prototipos) físicos. Ferrovial Agroman decidió implantar BIM para todo este proceso de diseño y construcción. Sin embargo, tanto Metro como la ITO, exigieron que toda la información se les entregase de manera tradicional en dwg. Meses después, el proyecto tuvo numerosos cambios fuera de lo que establecían las bases de licitación y la Ingeniería de Metro solicitó que esos cambios se trabajasen sobre el modelo BIM y no sobre planos dwg ya que las soluciones a implantar se resolvían de manera visual y más eficiente. A pesar de esto la ITO continuó solicitando todo en dwg ya que era el requerimiento por contrato.



Fuente: Ferrovial Agroman

Figura 2- 15 Ejemplos de revestimiento Línea 3

De igual manera, se exigió la elaboración de un mock-up (prototipo) físico, pese a que la metodología BIM ya es un mock-up (prototipo digital) en sí mismo. Todas las piezas especiales, encuentros y modificaciones al diseño requerían del dibujo de cada pieza porque debían venir desde fábrica con las formas y dimensiones correctas. Este requerimiento hizo que se hayan tenido que fabricar casi 6.000 piezas diferentes unas de otras. El diseño de estas piezas no fue tan complejo y se pudo realizar de manera rápida gracias a la metodología BIM. Realizarlo mediante soluciones tradicionales, habría sido un esfuerzo muy grande ya que no hay que olvidar que todos los paneles tienen curvaturas particulares según la pieza (son superficies en 3D).

2.5.3. Resumen de los resultados obtenidos

Se enumeran debajo los resúmenes de los resultados obtenidos de la comparación. Los primeros resultados aclaran que pese a ser contratos similares, el de Línea 3 es de mucha más complejidad que el de Línea 6.

2.5.3.1. Mayor complejidad de la Línea 3 debido a las Bases de Diseño del cliente

Tabla 2- 1 Desglose de paneles línea 6 y 3

Tipos de paneles	Línea 6	Línea 3
Paneles estándar	10.534	15.912
Paneles especiales	932	5.680
Total paneles	11.466	21.592
Porcentaje de paneles especiales	8%	26%

Fuente: Compte

Se puede comprobar cómo el número de piezas especiales en Línea 3 es mucho mayor que el de la Línea 6, debido a que en la Línea 6 todos los encuentros especiales se resolvían con mosaico vítreo en terreno, mientras que en la Línea 3 se resolvían con piezas especiales a medida sobre plano.

2.5.3.2. Mayor cantidad de planos elaborados en la Línea 3 debido a las Bases de Diseño del cliente y con mucha más información

Tabla 2- 2 Comparación H.H. de elaboración de planos y cantidad de planos en ambas líneas

Comparación de H.H. de elaboracion de planos y cantidad de planos		
Variab le s comparable	Línea 6	Línea 3
Total de estaciones	11	16
Total planos elaborados	216	734
Planos por estación	20	46
Tiempo en ejecutar planos por estación	1	2
Planos elaborados por semana	20	23
Nivel de detalle de planos	Bajo	Alto

Fuente: Compte.

Al existir muchas más superficies y zonas de encuentros en la Línea 3, hubo que elaborar más del doble de planos por estación en la Línea 3 que en la Línea 6. Esto conllevó a un nivel de detalle mucho mayor en la Línea 3 que en la Línea 6 y a un trabajo de diseño mucho mayor. Todo el análisis se ha comparado por estación (todas las estaciones tienen el mismo largo). No se está comparando el total, dado que en Línea 3 son 16 estaciones con revestimiento mientras que Línea 6 tiene 11 estaciones con revestimiento (Ñuñoa está tanto en Línea 3 y Línea 6 pero ambas se hicieron dentro del proyecto de la Línea 6). Se está comparando entre valores equiparables; planos por estación.

2.5.3.3. Tiempo comparable de diseño mucho menor



Fuente:Compte

Figura 2- 16 Tiempos en realizar planos en línea 3 en Revit y Cad

En la gráfica se extrapola el tiempo que demoraba cada plano en ser elaborado para la Línea 6, pese a que tenía menos información y era más sencillo; a lo que se hubiera tardado en Línea 3, en base a los planos que hubo que elaborar. El ahorro de tiempo total de diseño es el reflejado en el gráfico y se puede concluir que hubo un ahorro del 56% del tiempo empleado en el diseño.

2.5.3.4. Ahorro de tiempo (costo) de las modificaciones de diseño.

Tabla 2- 3 Horas totales de modificación

Tipo de modificación	Cantidad de modificaciones	Horas por cada modificación	Horas totales de modificación
Modificación de planos en AutoCad	557	0.5	278,5
Modificaion de modelación en Revit	35	3	105

Fuentes: Compte.

La metodología BIM hace que se trabaje sobre el modelo, por lo que cualquier cambio demora más en ejecutarlo, pero genera un cambio automático en todos los planos. Esto supuso en global, un ahorro superior al 50% del tiempo empleado en realizar modificaciones, debido al empleo de metodología BIM frente a la metodología tradicional.

2.5.3.5. Ahorro de costos de material

El estudio se centró básicamente en parámetros objetivos cuantificables. Por eso la mayoría están centrados en el Diseño, pero hubo un parámetro que también se pudo cuantificar y fueron las demasías o pérdidas de material empleado en la realidad frente al material teórico sobre planos. En la Línea 6 estas fueron del 11,09%, mientras que en la Línea 3 fueron inferiores al 2%. Es decir, se redujeron las pérdidas de material en un 82% en relación con el material empleado respecto del material teórico según planos. Esto debido a que la Metodología BIM permitió una trazabilidad

absoluta de cada uno de los paneles a instalar no dando lugar a errores. Esta trazabilidad venía desde el dibujo del modelo, pasando por la identificación en fábrica de cada panel, hasta la instalación en terreno de estos. Es decir, cada pieza dibujada estaba identificada en el modelo y llevaba una correlación con el material fabricado. Además, desde el punto de vista de operación de la infraestructura, cada elemento está identificado de manera única en el modelo y esa identificación corresponde con una base de datos que tiene la fábrica, no siendo necesario volver a diseñar nada si se quiere cambiar cualquiera de las casi 6.000 piezas diferentes que existen en el diseño.

2.5.3.6. Pérdida de sinergias

El estudio realizado por la Pontificia Universidad Católica de Chile es bastante claro en que el uso de la metodología BIM no produjo sinergias porque tanto la ITO como otros contratistas no usaban, ni querían usar esta metodología, solicitando que todo se les entregase de manera tradicional. Los motivos para actuar de esta manera eran los de cumplir a cabalidad el contrato, que había sido redactado referenciando solo a dwg, y la falta de conocimiento de la metodología BIM, falta de interés por cambiar las formas tradicionales de hacer las cosas; es decir falta de incentivo, así como carencia de capacidades de software y hardware. El estudio también destaca que, aunque Metro era reticente al principio al uso de la metodología BIM, pronto se dieron cuenta de la utilidad que entregaba la visualización y modelación del proyecto. En este sentido el estudio realizó una serie de propuestas de mejora para poder aprovechar mucho más la información generada:

- ❖ Implantación de metodología BIM por parte de Metro en sus proyectos de forma global desde la fase inicial de diseño.
- ❖ Selección adecuada del mejor software a implantar, conversando con todos los actores intervinientes, mejorar la planificación inicial.
- ❖ Incorporación de visores del modelo en terreno vía Tablets o herramientas tecnológicas adecuadas.
- ❖ Establecimiento de un Common Data Environment para que todos los stakeholders de un proyecto compartan la información.

2.5.4. Resumen

Se llevaron a cabo dos proyectos muy similares, para el mismo cliente, por la misma constructora. Uno con Metodología BIM y el otro con Metodología tradicional. Ninguno de los dos contratos requería BIM en sus Bases contractuales.

Se realizó un análisis comparado entre ambos contratos tomando parámetros objetivos cuantificables.

- ❖ Los resultados reflejan ahorros en los tiempos de diseño del 56%.
- ❖ Los resultados reflejan ahorros en los tiempos de modificación de diseño superiores al 50%.
- ❖ Las mermas de material se redujeron en un 82%.
- ❖ Los planos generados y la información obtenida aumentaron de forma considerable, pero no se puede cuantificar numéricamente esta mejora porque no existen parámetros objetivos que puedan medir la calidad de la información reflejada en un plano.
- ❖ No se aprovecharon sinergias con otros contratistas ni con la ITO por su rechazo o ausencia de conocimientos BIM.

La oportunidad de que la misma empresa constructora tenga dos proyectos muy similares con el mismo cliente y que uno lo ejecute con metodología tradicional y el otro con metodología BIM, junto con la enorme colaboración de Planbim y el estudio científico de la Pontificia Universidad Católica de Chile, ha permitido disponer de un análisis comparado de parámetros cuantificables, que sirve de base para la toma de decisiones y el impulso a la introducción de la metodología BIM. Los resultados obtenidos son abrumadores en cuanto a las ventajas que supuso para la empresa Ferrovial Agroman la implantación de la metodología BIM en el proyecto. El estudio también deja en evidencia las carencias y pérdida de oportunidad al no haberse involucrado los otros actores que participaron del contrato (ITO, otros contratistas, cliente). Este estudio debería ayudar a comprender que las ventajas de la implantación BIM son beneficiosas para todas las partes implicadas (Cliente, Diseño, Construcción, Operación), y que las mejoras son cuantitativas (costos) y cualitativas. (Ricardo Munguía A. – Gerente de Edificación – Ferrovial Agroman Chile, S.A., 2019)

CONCLUSIONES

Dados los problemas existentes en el rubro de la construcción e insertos en una era de innovación que incluye: cuidado del factor humano, optimización de los recursos, eficiencia energética, maximizar las utilidades abaratando los costos, y por sobre todo estando a la vanguardia en nuevas tecnologías; es que la implementación del BIM en Chile es casi lógica.

El modelo BIM como se ha analizado a lo largo del presente trabajo es el conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual. Es por sus múltiples ventajas que ha sido exitoso en otros países, y por esto logra en el año 2016 ser parte formal de la industria de la construcción en Chile con una proyección de largo alcance.

En el presente año, es obligación que los proyectos de construcción públicos sean ejecutados con BIM, y lo será para los proyectos privados en el año 2025. Se espera que esta implementación casi total del BIM en el país traerá múltiples beneficios, como: aumentar la calidad de la edificación e infraestructura; mejorar la calidad de la información técnica de los proyectos, generando un estándar nacional consistente y coordinado; integrar la planificación de la operación y mantenimiento de las obras desde sus etapas tempranas dada la cantidad de recursos que se consumen en ellas; fomentar el desarrollo del capital humano para la aplicación de nuevas tecnologías mejorando a la vez las condiciones de la industria; mejorar la gestión de proyectos disminuyendo sus costos y plazos, aumentando la transparencia; fomentar la automatización de los procesos involucrados en la construcción y facilitar la comunicación de los agentes del proyecto.

En la práctica, analizando los proyectos conocidos y nuevos como lo son la Línea 6 y 3 del Metro de Santiago, podemos observar y demostrar las ventajas que tiene la implementación de BIM en comparación al sistema tradicional de construcción.

Llevado a datos, en la línea 3 en la que se implementó BIM, se ahorró un 56% de tiempo empleado en el diseño de planos, también hubo un ahorro superior al 50% de tiempo empleado en realizar modificaciones, además se redujeron las pérdidas de material en un 82%.

Cabe destacar, que en la línea 3 se elaboraron más del doble de los planos realizados para la Línea 6, por lo que se trabajó con mucho más detalle cada estación.

Es por lo que en Chile se deben seguir los lineamientos de acción del BIM para hacer una construcción eficiente y sostenible que beneficia a todos los agentes involucrados en la industria, desde las familias, las empresas privadas y el Estado.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ **Alexis Troncoso – Ingeniero en Geomensura – División Software GEOCOM. 2019.** www.bimforum.cl. [En línea] Mayo de 2019.
- ❖ **Cámara Chilena de la Construcción. 2017.** Cámara Chilena de la Construcción A.G. *Cámara Chilena de la Construcción*. [En línea] 1 de Noviembre de 2017. [Citado el: 25 de Abril de 2020.] https://www.cchc.cl/centrodeinformacion/archivos_detalle/mach-47.
- ❖ **Carolina Soto, Sebastián Manríquez, Paulina Godoy. 2019.** www.planbim.cl. [En línea] Comité de Transformación Digital; CORFO, Junio de 2019.
- ❖ **CARVAJAL, NICOLÁS ANDRÉS TREJO. 2018.** *ESTUDIO DE IMPACTO DEL USO DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA*. Santiago : s.n., 2018.
- ❖ **Francisco Maureira A. – Consultor Senior – Independiente. 2019.** www.bimforum.cl. [En línea] Mayo de 2019. <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/AT08%20PUBLICACION%20DE%20NORMAS%20INTERNACIONALES%20ISO%2019650.pdf>.
- ❖ **Grupo Técnico de Trabajo de Estandarización. 2017.** www.bimforum.cl. [En línea] Abril de 2017. <http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%C3%B3n-imprenta.pdf>.
- ❖ **Patricio Zapata A. – BIM Consultan LATAM - GRAPHISOFT. 2017.** www.bimforum.cl. [En línea] Octubre de 2017. <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/AT02%20LA%20PROPUESTA%20BIM%20Y%20LA%20COLABORACION.pdf>.
- ❖ **Ricardo Munguía A. – Gerente de Edificación – Ferrovial Agroman Chile, S.A. 2019.** www.bimforum.cl. [En línea] Junio de 2019. <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/2019-AT09%20Comparativa%20BIM.PDF>.