

Modelar para **BIM** arquitectura

COLECCIÓN 
UISEK 
UNIVERSIDAD 
INTERNACIONAL SEK 

VIOLETA RANGEL RODRÍGUEZ
ELMER MUÑOZ HERNÁNDEZ

Modelado para BIM arquitectura

Comité Editorial Universidad Internacional SEK Ecuador:

PhD. Raimon Salazar Bonnet, Rector
PhD. Esteban Andrade, Vicerrector
PhD. Juan Carlos Navarro, Director de Investigación
PhD. Carmen Amelia Coral-Guerrero, Presidenta
PhD. Violeta Rangel, Secretaria
PhD. Yamirlis Gallar, Coordinadora de revisión de estilo
MSc. Alexandra Fuertes, Asistente ejecutiva

ISBN 978-9942-808-71-4

Autores:

Violeta Rangel Rodríguez
Elmer Muñoz Hernández

Todos los derechos reservados

Universidad Internacional SEK

Diseño e impresión

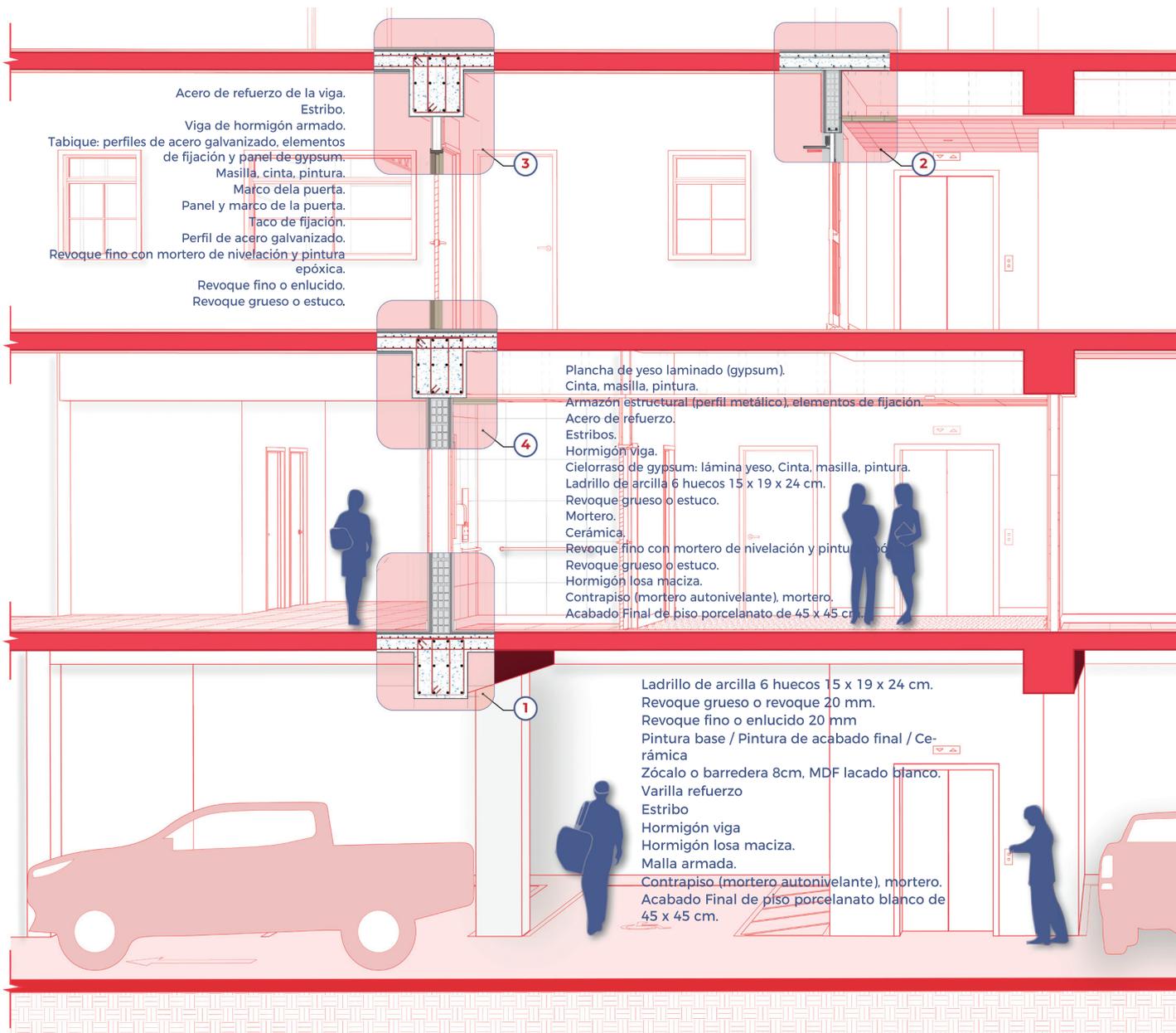
Trama ediciones
Quito, Diciembre 2024

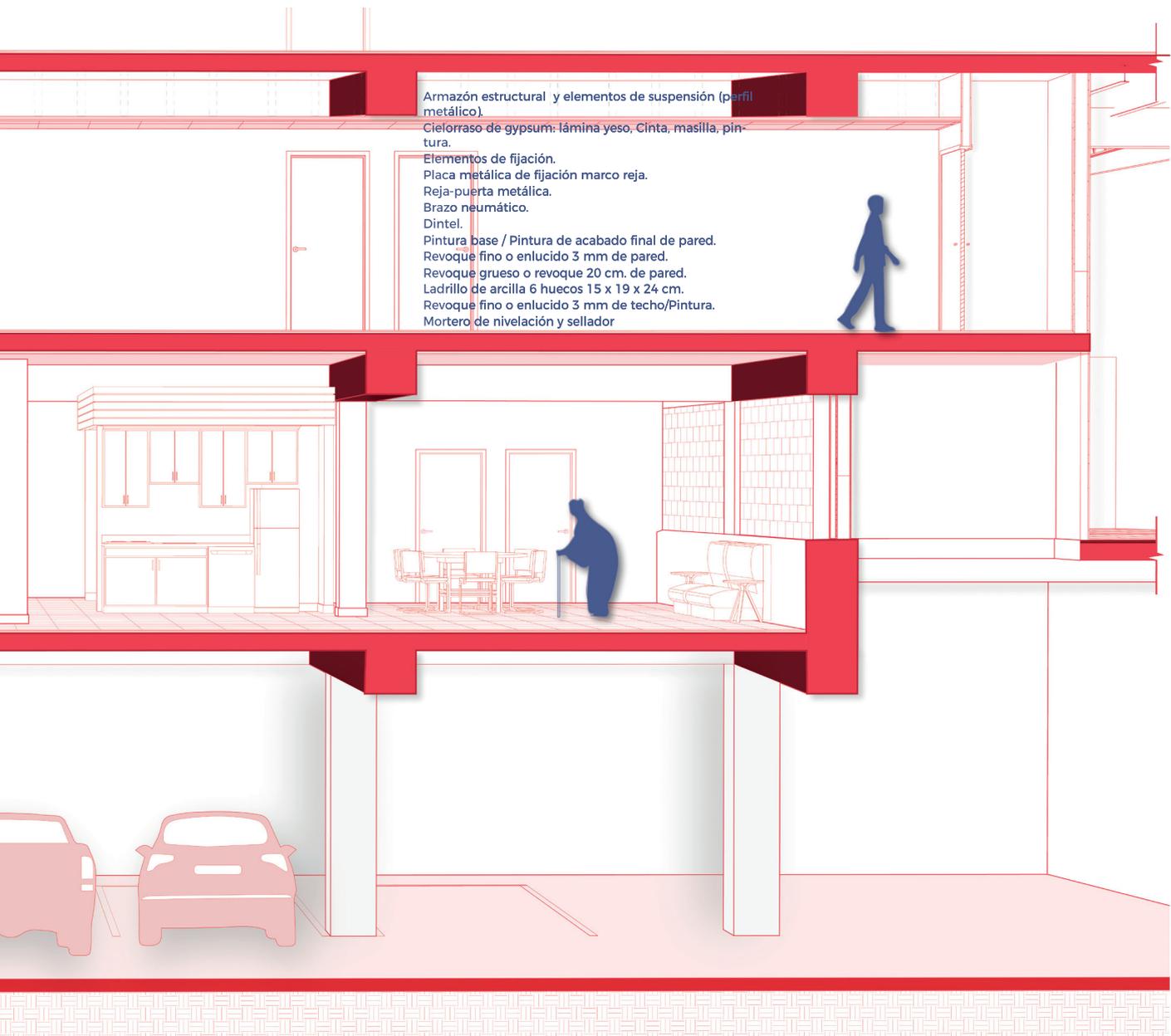
Rangel Rodríguez, Violeta
Modelar para BIM arquitectura / Violeta Rangel Rodríguez;
Elmer Muñoz Hernández. --1ra. ed.
-- Quito: Universidad Internacional SEK, 2024
137 pág.
ISBN: 9789942808714
1. Modelado -- BIM 2. Arquitectura 3. Métodos de construcción
CDD: 721.028 R196m 2024

Modelar para
BIM
arquitectura

COLECCIÓN ■
UISEK ■
UNIVERSIDAD ■
INTERNACIONAL SEK ■

VIOLETA RANGEL RODRÍGUEZ
ELMER MUÑOZ HERNÁNDEZ





CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1

CRITERIOS PARA MODELAR EN BIM

14

1.1 Conceptos clave del Modelado BIM.

16

1.2 Triángulo de gestión de información: LOD, EIR, BEP.

21

1.3 Organización, interoperabilidad y sistemas de clasificación.

34

1.4 Fases del proyecto y Usos BIM.

41

2

MODELADO DE CASOS: ELEMENTOS DE ARQUITECTURA

48

2.1 Caso 1: pared – piso – zócalo

50

2.2 Caso 2: cielorraso – Techo – pared.

55

2.3 Caso 3: tabique – acabados – puerta.

59

2.4 Caso 4: pared – cielorraso – tabique – piso.

63

2.5 Parámetros de los elementos.

67

3

INTEGRACIÓN DEL MODELO Y LA COORDINACIÓN BIM 80

3.1 Auditoría del modelo arquitectónico. 82

3.2 Integración de los métodos de construcción. 85

3.3 Productos de la integración constructiva: secuenciación de actividades, comunicación y costos. 90

4

GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y EL ESTÁNDAR ISO 19650 96

4.1 Estándar ISO 19650. 99

4.2 Mejores prácticas con el estándar ISO 19650. 117

CONCLUSIÓN 124

REFERENCIAS 129

ÍNDICE DE FIGURAS 134

ÍNDICE DE TABLAS 135

ÍNDICE DE TÉRMINOS BIM 136

El corazón del BIM es el modelado tridimensional. Más allá de la geometría, caras, aristas y vértices, los modelados BIM incorporan datos ricos en información sobre materiales, costos, especificaciones técnicas o interoperabilidad en cada componente del edificio. Esta riqueza de datos permite una toma de decisiones informada y favorece una colaboración más precisa en los equipos de proyectos. Como resultado, en el ejercicio profesional de la industria AEC, la adopción de BIM se ha convertido en un catalizador para la eficiencia y efectividad en los proyectos de construcción ofreciendo una metodología de avanzada para la planificación, diseño, ejecución y gestión de edificios.

Modelar para BIM: arquitectura, es un texto que busca orientar a modeladores y practicantes de BIM en el modelado arquitectónico para que BIM ocurra en la fase preconstructiva, esto es crear un modelo de información preciso, interoperable y útil. El libro aborda el modelado de información de elementos arquitectónicos en su contexto constructivo integrándolos en un triángulo de gestión: EIR, LOD y BEP.

A modo de casos, se presentan elementos del sistema arquitectónico en interacción con otros elementos del mismo sistema o diferente. Se detalla la información necesaria en la fase preconstructiva del proyecto y su utilidad en las dimensiones BIM de tiempo (4D) y costos (5D).

Bajo los principios fundamentales, que todo modelador BIM debe dominar, los cuatro capítulos están organizados según los datos a considerar, cómo utilizarlos y cómo gestionarlos en un entorno BIM. Cada capítulo aborda de manera progresiva criterios de modelado, integración y gestión de información dentro de un marco normado y estandarizado (Figura 1).

En el capítulo 1, se abordan las bases teóricas para el ejercicio del modelado en BIM, que va desde los conceptos básicos hasta las relaciones contractuales a las que debe responder un modelo como producto de información, y las respuestas que BIM ofrece en la fase preconstructiva del proyecto.

En el Capítulo 2 se presentan cuatro casos de modelado de elementos arquitectónicos en su contexto constructivo. Se detallan los datos necesarios para que el modelo tenga utilidad en la fase preconstructiva; en función de los usos BIM. Aquí se evidencia la importancia del nivel de desarrollo LOD requerido en esta fase del proyecto. Además, se adopta un sistema de clasificación Omniclass para organizar y categorizar los elementos de un modelo estandarizado, es decir, un modelado con la visión universal.

En el Capítulo 3 se abordan las particularidades de la coordinación y cómo preparar el modelo para ella. Se trata el concepto de auditorías, como instrumento del control de calidad, y la interoperabilidad como la cualidad de un contenedor de información para que sus datos fluyan entre sistemas con formatos nativos diferentes y con la mínima o casi nula intervención del modelador para ajustar los datos.

En el Capítulo 4, se ocupa la normativa ISO 19650 para hablar de la gestión de la información del modelo BIM. Esta norma es el estándar internacional por excelencia y proporciona un marco para la

gestión ordenada de los datos en proyectos de construcción con metodología BIM. Se enfoca en la calidad para la organización y digitalización de la información durante el ciclo de vida de edificios y obras de ingeniería civil; desde la planificación y diseño hasta la ejecución y mantenimiento. La ISO 19650 promueve la colaboración, eficiencia y seguridad en la gestión de datos, asegurando que la información sea correctamente accesible y utilizable por todas las partes involucradas. (ISO 19650, 2018).

Finalmente, vale subrayar que el libro busca dejar por sentado que para dominar la creación de un modelo arquitectónico en BIM, el modelador debe tener un conocimiento conceptual y técnico, que va desde la comprensión de los niveles de desarrollo (LOD) hasta la integración de sistemas de clasificación y criterios de interoperabilidad en el modelado. Para lograrlo el candidato a modelador BIM arquitectónico debe ser un profesional con formación en el área de la construcción civil, experiencia en el uso de las herramientas BIM y con capacidad de trabajar en equipo.

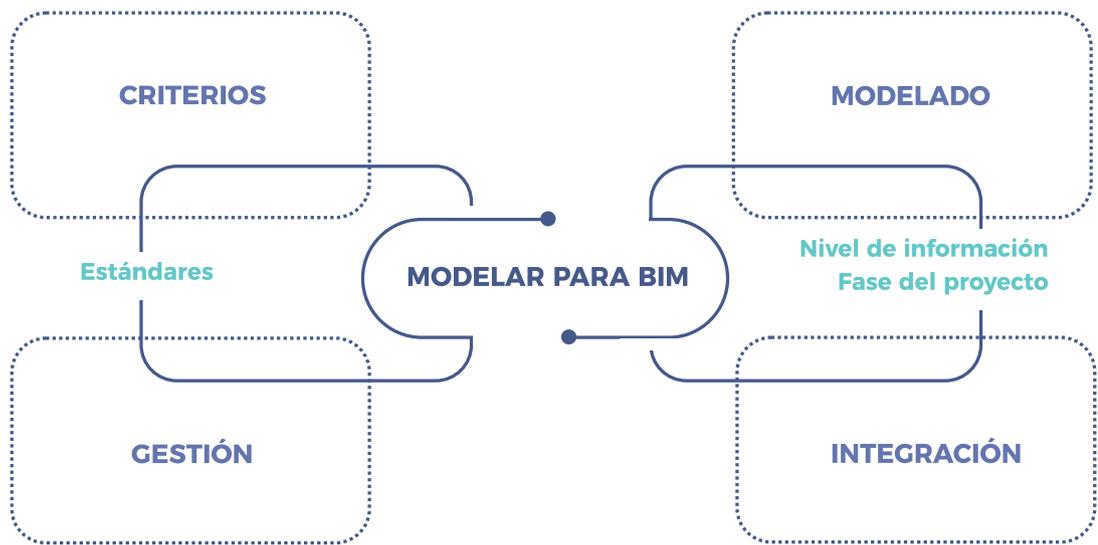


FIGURA 1. Modelar para BIM.

1

CRITERIOS PARA MODELAR EN BIM

BIM es una metodología que usa modelos inteligentes para diseñar, planificar, construir y gestionar proyectos de construcción de una manera más eficiente. A diferencia de los métodos tradicionales, los que se basan en una comunicación secuencial y dibujos bidimensionales, BIM propone un espacio colaborativo de interacción concurrente en torno a un modelo digital compartido, que mejora la coordinación entre disciplinas y reduce los errores de comunicación y retrabajos en el desarrollo del proyecto (Eastman et al., 2011).

En este capítulo se abordan los conceptos fundamentales para desenvolverse con éxito en un entorno BIM, como la necesidad de información del cliente o la organización e interoperabilidad en su intercambio. Estos dos últimos aspectos son parte fundamental del triángulo de gestión de la información, donde la interoperabilidad facilita el uso de la información de manera eficiente, con mínima o ninguna intervención humana entre formatos nativos distintos, mientras que la organización, a través de los sistemas de clasificación, proporcionan una estructura estandarizada para la información modelada (ISO 12006-2:2015).

Tres elementos esenciales de BIM se detallan en este capítulo. El Plan de Ejecución BIM (BEP), que refleja las demandas, responsabilidades y procedimientos para el desarrollo y gestión de la información BIM, el EIR, una guía sobre las necesidades de información del proyecto, y el LOD, el nivel de desarrollo de información que deben alcanzar los modelos para cumplir las dos anteriores. El LOD, EIR y BEP forman un triángulo de gestión determinante para el objetivo del proyecto, así como para la correcta comunicación de las partes involucradas.

1.1 Conceptos clave del modelado BIM

AUDITORÍAS. El objetivo de las auditorías a modelos y entorno de gestión BIM es asegurar la integridad, calidad y cumplimiento de la información del proyecto. La norma ISO 19650-2 (2018) sugiere varios tipos de auditorías para este proceso de revisión de modelos, cada una pensada en función de la validez y calidad de la información.

La revisión y validación de la información incluye la revisión geométrica, semántica y del cumplimiento de las normas. Se deben establecer procesos formales para la revisión de los modelos, asegurando que la información cumpla con los requisitos especificados en el plan de ejecución BIM y los intercambios de información acordados.

Por otra parte, el control de calidad implica verificar que los elementos contienen la información geométrica y de atributos correspondiente para su uso en obra. La calidad de los modelos debe ser monitoreada y auditada mediante herramientas automáticas y manuales, asegurando que los com-

ponentes del modelo cumplan con el LOD especificado en el BEP.

Aunque la ISO 19650-2 no detalla un LOD específico como el 350, que puede corresponderse con la fase preconstructiva, sí se enfoca en la necesidad de realizar auditorías detalladas para garantizar que el modelo cumple con los estándares acordados en el intercambio de información y en los requerimientos de calidad establecidos para cada fase del proyecto.

BEP. El Plan de Ejecución BIM o BEP, por sus siglas en inglés, es un documento estratégico que detalla cómo se implementará y gestionará la metodología BIM en un proyecto. Este aborda todos los aspectos relacionados con el uso de BIM en los objetivos del proyecto y las necesidades información del cliente. El BEP engloba roles y responsabilidades, software y herramientas, procedimientos para el intercambio y la gestión de la información, estándares y protocolos a seguir, así como los crono-

gramas de entrega de modelos e información. Además, en el BEP se especifican directrices sobre la interoperabilidad en el proyecto. Este plan asegura la coherencia, precisión y eficiencia de BIM, además contribuye sustancialmente en la reducción de errores y optimización de recursos.

CDE. Entorno Común de Datos o CDE por sus siglas en inglés. Este es un espacio de intercambio de desarrollo e información consensuada para el proyecto o activo específico y es utilizado para recopilar, gestionar y difundir información a través de un proceso gestionado (ISO 19650-1, 2018).

COORDINACIÓN. La coordinación de modelos BIM es un proceso que consiste en integrar los diferentes modelos disciplinares en un solo modelo para que funcionen como en su realidad constructiva. El objetivo de esta tarea es prever los problemas que puedan presentarse durante la construcción física, producto de las interferencias entre los sistemas de arquitectura, estructura e instalaciones (MEP), además se incluye la revisión, detección de interferencias y resolución de conflictos entre los modelos integrados.

EIR. Exchange Information Requirements o Requisitos de Información del Cliente como se conoce comúnmente, es un documento de la metodología BIM que especifica las necesidades y expectativas de información de un cliente. De aquí derivan los Niveles de Desarrollo (LOD) de los elementos en el modelo alineados con las etapas del proyec-

to. Es un documento que incluye los estándares de intercambio y protocolos de información, gestión de datos, así como los perfiles y competencias de cada participante en el proyecto. El EIR aclara a todos los equipos y partes involucradas las especificaciones del cliente, facilitando la coordinación, transparencia y eficiencia en la entrega del proyecto. Entre los componentes del EIR se encuentran los objetivos del cliente, los Usos BIM previstos, los requisitos de interoperabilidad y los procedimientos para la entrega y validación de la información generada (Eastman et al., 2011; PAS 1192-2:2013; RIBA, 2020).

ESTÁNDAR BIM. Los estándares en una implementación BIM tienen como objetivo normalizar la creación, gestión e intercambio de información digital de un proyecto. Los recursos y procesos de normalización aseguran a todos los equipos participantes que la creación y colaboración está bajo formato, protocolos estandarizados y bajo normativas consensuadas .

FLUJO. Es un proceso acordado para la creación, gestión y coordinación de información digital que permite la correcta ejecución de la tarea y conlleva a la integración de datos multidisciplinarios en un modelo único y coherente. Asimismo, clarifica la colaboración y contribuye a la toma de decisiones informadas entre todos los actores del proyecto.

IFC. Es un formato de estándar abierto y neutral de datos desarrollado por buildingSMART para fa-

cilitar la interoperabilidad en el intercambio de información de la industria de la construcción. Este formato permite que la información sea accesible y utilizable por diferentes aplicaciones de software, sin pérdida de información ni necesidad de conversiones manuales. IFC representa tanto la geometría como las propiedades de los elementos constructivos y como sus relaciones. El formato IFC favorece los rangos de colaboración y gestión de la información, reduciendo retrabajos asociados a la transferencia de datos entre diferentes plataformas (ISO 16739-1,2018).

INTEROPERABILIDAD. Es la condición de un formato que posibilita que los datos generados en un software puedan ser utilizados sin pérdida de fidelidad o necesidad de retrabajo en otro software. La interoperabilidad se logra mediante el uso de formatos de datos estándar, como los IFC (Industry Foundation Classes), y estándares comunes para una comunicación fluida y exacta entre las diversas herramientas y sistemas empleados en el proyecto.

LOD (LEVEL OF DEVELOPMENT). El LOD o Nivel de Desarrollo es un constructo norteamericano que precisa el grado de exactitud y alcance de la información de los modelos BIM para las demandas de cada fase del proyecto. Los niveles más comunes van desde LOD 100, para representaciones conceptuales a LOD 500 para modelos as-built. El BIM Forum (2023) proporciona guías detalladas para cada nivel, con el objetivo de que todos los profe-

sionales del proyecto tengan claridad sobre el contenido del modelo en cada fase del desarrollo.

Según las especificaciones de la guía de referencia del BIM Forum (2023), para la fase preconstructiva se recomienda el uso de LOD 300 a 350, a fin de que los modelos sean lo suficientemente detallados para extraer e intercambiar información requerida para la documentación constructiva, análisis, cálculo de costos y programación.

LOIN. "Level of Information Needed (LOIN) se refiere al conjunto de información necesario para el desarrollo de un proyecto BIM, que incluye tanto el nivel de desarrollo geométrico como la información alfanumérica para cumplir con los requisitos específicos del proyecto. LOIN no solo abarca la geometría y los datos, sino también el detalle y la precisión de la información, que deben ser adecuados para los propósitos específicos del Uso BIM previsto. El concepto de LOIN asegura que la información producida sea adecuada a las necesidades del proyecto, evitando tanto la información innecesaria como la falta de ella. (ISO 19650-1, 2018).

GEOREFERENCIACIÓN. Este es un concepto que deriva del proceso de asignar coordenadas del mundo real a un modelo digital, para situar los modelos y sus elementos en su ubicación geográfica exacta. Este proceso es útil cuando se requiere integrar los modelos BIM con los Sistemas de Información Geográfica (GIS) y otros datos geoespaciales, para lograr coordinar y analizar componen-

tes del proyecto con las otras disciplinas.

NOMENCLATURA. Nomenclatura viene de nombre y se refiere básicamente al nombre que debemos otorgar a elementos, archivos, componentes para identificarlos y organizarlos en un entorno BIM. La nomenclatura conforma un sistema que cuida la consistencia, claridad y eficiencia en la gestión de información. Este nombre suele seguir una estructura de campos que describen detalladamente el contenido del archivo o componente. Se trabaja con códigos o abreviaturas para identificar, el nombre del proyecto, la disciplina, el tipo de archivo, rol del creador, la clasificación del activo, el número secuencial, la idoneidad y la revisión del archivo.

OPEN BIM. Es un enfoque universal libre que promueve la interoperabilidad y la libre elección de herramientas y servicios en todo el ciclo de vida del edificio bajo estándares y flujos de trabajo abiertos. Esta postura o modo de trabajo permite que los datos generados en el proyecto puedan ser compartidos, procesados y utilizados por cualquier participante del proyecto sin restricciones tecnológicas, y asegurando una colaboración efectiva y transparente.

OPEN BIM fomenta la creación de un ecosistema de software abierto, en el que los datos pueden ser transferidos sin problemas entre diferentes aplicaciones y plataformas, reduciendo el riesgo de pérdida de información aprovechable en la eficiencia

general de un proyecto. (Building Smart, 2020)

PARÁMETRO. Una variable definible que se utiliza para controlar las propiedades y el comportamiento de los elementos dentro de un modelo BIM, se conoce como parámetro. Los parámetros pueden ser geométricos (como la longitud, el ancho y la altura), de materiales (como el tipo de material, el acabado) o de rendimiento (como la capacidad térmica y la resistencia estructural). Estos permiten modificar de manera coherente y sistemática los atributos de los elementos del modelo, garantizando que cualquier cambio realizado se propague automáticamente a todas las vistas y representaciones del modelo. (Eastman et al. , 2011).

PRECONSTRUCCIÓN. La etapa preconstructiva en un proyecto demanda la organización y preparación de la documentación previo al comienzo de la construcción física de la edificación u obra civil. En esta etapa se llevan a cabo los análisis de factibilidad, diseños definitivos, presupuestos y cronogramas de ejecución. Además, se gestionan los permisos, acuerdos con proveedores y contratistas, y se organizan los procesos de construcción mediante modelos de administración como los creados con BIM (Building Information Modeling); los cuales facilitan la visualización y coordinación de las fases constructivas del proyecto (Eastman et al., 2020). En esta etapa se controlan los riesgos, la factibilidad técnica y financiera del proyecto, y se garantiza que todos los participantes están en sintonía con los objetivos y recursos disponibles para

el proyecto (Nawi et al., 2021).

PLANTILLA. Las plantillas de modelos BIM son archivos preconfigurados que contienen configuraciones, estándares y elementos específicos necesarios para iniciar un proyecto BIM. Incluye de forma predeterminada unidades de medida, sistemas de coordenadas, estilos de línea o formatos de texto. Además, con ellas se normalizan los estándares para la documentación gráfica, los estilos de anotación o las configuraciones de impresión. Es necesario que su composición cumpla con normas internacionales como la norma ISO 19650, que regula la gestión de la información mediante BIM.

ROL. Un rol se refiere a la tarea específica que realiza un especialista BIM en un proyecto de construcción. Cada puesto tiene tareas específicas que ayudan con la planificación, ejecución y gestión de la información del proyecto. Los roles comúnmente considerados en una estructura BIM son el gerente de BIM, responsable de la implementación, coordina la colaboración de los equipos y certifica los entregables. El Modelador BIM y el Coordinador BIM tienen funciones relacionadas con la creación y actualización de modelos digitales y la supervisión de la calidad y compatibilidad de los modelos. Las normas como la ISO 19650, establecen los estándares para la gestión de información y definen estos roles (ISO 19650-2, 2018).

USOS BIM. El término "Usos BIM" se refiere a las diversas y específicas aplicaciones de la metodolo-

gía BIM en todas las fases de un proyecto de construcción. Estos usos incluyen planificación y diseño, construcción, operación y mantenimiento de infraestructuras y edificios. Por ejemplo, la visualización 3D es considerada uno de los Usos BIM, ya que se utiliza para mejorar la comprensión del diseño, en la detección de conflictos para encontrar y resolver problemas de interferencias entre sistemas, en la planificación de la construcción (4D) para integrar cronogramas con modelos BIM, en la estimación de costos (5D) para proporcionar análisis de costos precisos basados en el modelo, y en la gestión de instalaciones para optimizar las operaciones y el mantenimiento del edificio (Hardin & McCool, 2020; Succar, 2009).

WIP. Según la norma ISO 19650, el término "WIP" (Work In Progress, por sus siglas en inglés) se refiere al estado de la información que está siendo desarrollada y gestionada dentro del Entorno Común de Datos (CDE). La información en la fase de WIP está en proceso de creación y edición por parte de los equipos de proyecto y, no está lista para ser compartida con otras partes interesadas hasta que se haya revisado y aprobado internamente. WIP, en español se traduciría Trabajo en Progreso.

1.2 Triángulo de gestión de información: EIR, LOD, BEP

La relación entre el Nivel de Desarrollo LOD, el Requerimiento de Información del Cliente EIR y el Plan de Ejecución BIM BEP es fundamental para el éxito de un proyecto en la fase constructiva. A continuación, exploraremos cómo estos elementos se integran y se complementan para una gestión contractual efectiva del modelo.

EIR, LOD y BEP.

El LOD del modelo, el EIR y el BEP forman un triángulo de gestión de información determinante para el modelo en la implementación BIM (Figura 2). En el EIR se establecen las expectativas y necesidades del cliente en cuanto a requerimientos y precisión de los entregables, en el BEP se planifica la entrega y gestión de la información en respuesta a la necesidad contractual. En este contexto, el LOD proporciona los niveles específicos de desarrollo para cumplir con los requisitos mencionados. Una relación que asegura que todos los participantes en el proyecto tengan una comprensión

clara de las demandas de información y cómo éstas deben ser abordadas, facilitando la eficiencia y la colaboración a lo largo del desarrollo del proyecto.

EIR, PASO UNO.

El EIR en la fase preconstructiva, sirve como referencia para que todas las actividades de construcción se alineen con los requisitos de información del cliente. Los trabajos en el sitio se organizan utilizando modelos BIM, lo que facilita la colaboración entre contratistas, subcontratistas y otros profesionales involucrados. El uso de tecnologías avanzadas como la realidad aumentada y virtual (AR/VR) y la integración con el Internet de las cosas (IoT) mejora aún más la eficiencia y la precisión en la gestión de la información del proyecto (Autodesk Revit Architecture Fundamentals, 2018; United-BIM, 2024).

La norma ISO 19650 define el EIR como un conjunto de requisitos de información específicos del

proyecto que el cliente o empleador solicita a los proveedores del servicio BIM. Este documento sirve como base para la contratación y gestión de la información en los proyectos, y con esto los modelos y datos BIM producidos irían en concordancia con las expectativas del cliente. El EIR abarca diversos aspectos, tales como: requisitos de información sobre el proyecto, requisitos de información sobre los activos, normas y procedimientos, formatos y niveles de desarrollo.

REQUISITOS DE INFORMACIÓN DEL PROYECTO.

Los requisitos de información del proyecto dentro del EIR se dividen en varias categorías (Tabla 1), cada una de las cuales juega un papel vital en la alineación de las expectativas del cliente con las capacidades del equipo del proyecto:

- Requisitos Generales del Proyecto: Aquí se proporciona una descripción detallada del alcance del proyecto, sus objetivos principales y los resultados previstos se colocan en esta sección. Se especifica las exigencias del cliente, como la sostenibilidad y la eficiencia presupuestaria, que deben abordarse durante el diseño y la construcción del proyecto.

- Normas y Protocolos: En este aparte se establecen estándares y protocolos técnicos a seguir. Esto incluye referencias a normas de la industria como las normas ISO, así como demandas específicas del cliente sobre cómo gestionar la información del proyecto.

- Formatos de Datos y Entregables: Aquí se deben disponer los formatos de entrega de datos y documentos, para asegurarse que sean compatibles y fáciles de usar para todas las partes interesadas. Los entregables comunes pueden incluir modelos BIM, planos, informes y datos de operación y mantenimiento (Residential Design Using Autodesk Revit, 2018).

- Calendario de Entregas: Se diseña un calendario detallado para la entrega de información en diferentes etapas del proyecto. Este calendario se proporciona a las partes para que estas estén al tanto de las fechas límite y puedan planificar sus actividades en consecuencia (International Building Code, 2024).

- Criterios de Calidad de la Información: este aparte incluye los estándares de calidad que deben cumplir los datos y documentos que se entregan, entre los que están coherencia, precisión, nivel de desarrollo y cumplimiento de los estándares.

- Requisitos de Seguridad de la Información: Son las medidas de seguridad para proteger la información del proyecto contra accesos no autorizados, pérdida de datos y otras amenazas. Esto es especialmente crítico en proyectos que manejan datos sensibles o confidenciales

REQUISITOS DE INFORMACIÓN DE LOS ACTIVOS.

Para administrar bien los activos a lo largo de su ciclo de vida, es necesario cumplir con los requisitos de información establecidos en el EIR. Estos



FIGURA 2. Triángulo de gestión para el modelo BIM.

aseguran que los datos pertinentes estén disponibles con precisión al brindar una base sólida para la operación, mantenimiento y optimización. La gestión de la información en proyectos BIM se mejora significativamente cuando se cumplen estos requisitos, lo que contribuye al éxito del proyecto y a la satisfacción del cliente.

Esta sección del EIR se incluyen los datos necesarios para la operación, mantenimiento y gestión del activo construido y que estos estén disponibles y sean de alta calidad. A continuación se detallan los aspectos clave de los requisitos de información de los activos.

-Datos de identificación del activo: este punto incluye información básica y esencial que permite la identificación única de cada activo dentro del proyecto. Los datos que generalmente se consideran son: el nombre del activo, su localización dentro de la estructura y el código de identificación único. (Eastman et al., 2018).

-Especificaciones técnicas: las características físicas y funcionales de cada activo se describen en las especificaciones técnicas. Esto incluye dimensiones, materiales, capacidades operativas y otras características técnicas pertinentes. Esta información garantiza que los equipos y componentes instalados cumplan con las especificaciones de desempeño y diseño establecidas por el cliente. (Kensek, 2018).

-Manual de operación y mantenimiento (O&M): el

manual de O&M, que proporciona instrucciones detalladas sobre cómo operar y mantener cada activo, es una parte esencial del EIR. Este documento incluye pautas para el mantenimiento preventivo, procedimientos de operación y soluciones de problemas. La inclusión de esta información ayuda al personal de mantenimiento a administrar los activos de manera efectiva y a prolongar su vida útil. (Smith & Tardif, 2018).

-Registro de garantías y certificados: este registro debe incluir los plazos de garantía, las condiciones y los contactos del proveedor. Los certificados de conformidad y otros documentos de calidad que respalden el cumplimiento de estándares y normas también deben incluirse. (Volk et al., 2018).

- Datos de desempeño: los datos de desempeño contienen información sobre cómo funcionan los activos. Esto puede incluir registros de eficiencia energética y tiempo de inactividad.

- Historial de mantenimiento y reparaciones: mantener un registro detallado de todos los procedimientos de mantenimiento y reparación realizados en cada activo. Las fechas, la descripción de los trabajos, las partes reemplazadas y los gastos relacionados deben incluirse en este registro, ya que esto ayuda a identificar patrones de fallas y a planificar mejor las tareas de mantenimiento en el futuro. (Epstein, 2016).

- Integración con sistemas de gestión de activos: Los datos de los activos deben ser compatibles e

integrables con los sistemas de gestión de activos existentes en la organización. Esto incluye la capacidad de importar y exportar datos de manera eficiente para que la interoperabilidad con otras plataformas de software utilizadas para la gestión se conecten (Eptein, 2020).

- Requisitos de cumplimiento normativo: la información de los activos debe incluir evidencia del cumplimiento con las normativas y reglamentaciones vigentes. Esto abarca desde normativas de seguridad y salud ocupacional hasta regulaciones medioambientales. Velar por el cumplimiento normativo es clave para evitar sanciones y cumplir con la seguridad y bienestar de los usuarios (Hardin & McCool, 2020).

NORMAS Y PROCEDIMIENTOS EN EL EIR.

Las normas y procedimientos establecidos en el EIR son fundamentales para la coherencia y la calidad de la información a lo largo del proyecto. Proporcionan un marco claro para la creación, gestión y verificación de los modelos y datos BIM, facilitando la colaboración entre los diferentes equipos y disciplinas. Además, ayudan a minimizar los errores y las inconsistencias, mejorando la eficiencia y la efectividad del proyecto.

Las normas en el EIR establecen los estándares técnicos y metodológicos que deben seguirse durante todo el ciclo de vida del proyecto. Estas normas incluyen:

Normas de modelado: los estándares para la crea-

ción y gestión de modelos BIM incluyen convenciones de modelado, nomenclatura de archivos y Niveles de Desarrollo (LOD) (Eastman et al., 2018). Estas pautas garantizan que todos los modelos sean compatibles y consistentes, lo que facilita la colaboración entre los diferentes equipos del proyecto.

- Normas de datos: se establecen los formatos de datos aceptables para que todos los datos intercambiados entre los participantes del proyecto sean compatibles y fácilmente accesibles. Esto incluye especificaciones de estándares de datos y tipos de archivos (como IFC y COBie) (Smith & Tardif, 2018).

- Normas de calidad de la Información: estas normas establecen los criterios que deben cumplirse para respaldar la calidad de los datos generados. Incluyen directrices sobre la exactitud, la integridad y la consistencia de los datos, así como los procedimientos para la validación y verificación de la información (Kensek, 2018).

Los procedimientos detallan los métodos y procesos que deben seguirse para cumplir con las normas establecidas. Estos procedimientos incluyen:

- Gestión de cambios: Se describen los procedimientos para la gestión de cambios en los modelos y datos. Esto incluye la identificación, evaluación, y aprobación de cambios, así como la actualización de los modelos y la documentación asociada (Volk et al., 2018).

- Control de versiones: Se establecen los métodos para el control de versiones de los modelos y documentos, asegurando que todos los participantes trabajen siempre con la versión más actualizada de la información. Esto incluye directrices para la numeración de versiones y la documentación de cambios.

- Coordinación y colaboración: Se definen los procedimientos para la coordinación entre los diferentes equipos y disciplinas involucradas en el proyecto. Esto puede incluir reuniones de coordinación, uso de plataformas de colaboración en línea, y métodos para la detección y resolución de conflictos en los modelos (Epstein, E., 2012).

- Auditorías de calidad: Se especifican los procedimientos para la realización de auditorías de calidad de la información. Estas auditorías aseguran que los modelos y datos cumplan con los estándares establecidos y que cualquier problema de calidad se identifique y se rectifique oportunamente (Holzer, D., 2016).

- Gestión de Documentos: Se describen los procedimientos para la gestión de documentos, incluyendo el almacenamiento, la recuperación y el archivo de los documentos del proyecto. Un sistema de gestión documental eficiente es esencial para que toda la información esté disponible y sea fácilmente accesible cuando se necesite (Hardin, B., & McCool, D. 2020).

FORMATOS Y NIVELES DE DESARROLLO EN EL

EIR. Estos componentes facilitan la gestión de la información y garantizan que los datos sean compatibles, precisos e intercambiables, lo que facilita la colaboración y una gestión de proyectos de una manera más efectiva. La calidad de la información mejora y el éxito del proyecto aumenta significativamente cuando se cumplen correctamente estos dos requisitos.

Formatos de Datos

- Estándares de formato: los formatos de datos especificados en el EIR aseguran la interoperabilidad entre diferentes sistemas y plataformas. Entre los formatos más comunes son Revit (RVT) de Autodesk®, Archicad (PLA) de Graphisoft®, y Tekla (TLK) de Trimble® y, para un intercambio universal efectivo el IFC (Industry Foundation Classes) de BuildingSMART®. Estos formatos permiten que los datos se compartan y utilicen sin pérdida de información.

- Compatibilidad y conversión: es fundamental que los datos se puedan convertir fácilmente entre varios formatos sin perder información importante. Esto incluye la capacidad de importar y exportar datos de manera efectiva para su uso en múltiples plataformas y aplicaciones. La compatibilidad garantiza que cada miembro del equipo tenga acceso a la información de manera actualizada y relevante.

- Requisitos de archivo y almacenamiento: El EIR también especifica cómo se deben archivar y al-

macenar los datos. Esto incluye directrices sobre el uso de sistemas de gestión documental y almacenamiento en la nube, asegurando que los datos estén protegidos y sean accesibles cuando se necesiten (Smith & Tardif, 2018). La gestión adecuada del archivo de datos es vital para la trazabilidad y la conformidad con los estándares y regulaciones.

Niveles de Desarrollo (LOD)

- Definición de LOD: En la especificación más reciente de la AIA (American Institute of Architects) los Niveles de Desarrollo (LOD, Level of Development) describen la precisión y la cantidad de información que contienen los modelos BIM durante las diferentes fases del proyecto (BIM Forum, 2023). Estos van desde LOD 100 (conceptual) hasta LOD 500 (As-build). Cada nivel ofrece directrices claras sobre qué información debe incluirse y cómo debe representarse.

- Aplicación del LOD en Fases del Proyecto: los diferentes LOD se aplican a distintas fases del proyecto, desde el diseño esquemático hasta As-build (BIM Forum, 2023). Por ejemplo, durante la fase de diseño esquemático, un LOD 200 podría ser suficiente para representar la disposición general de los elementos, mientras que un LOD 400 sería necesario durante la de construcción para detallar conexiones y ensamblajes específicos.

- Impacto en la Colaboración: la coordinación entre los diversos equipos de trabajo se facilita con el uso adecuado de los LOD. Al establecer expectati-

vas claras sobre el nivel de desarrollo requerido en cada etapa, se reducen los conflictos y mejora la colaboración. Los LOD ayudan a alinear los esfuerzos de diseño y construcción, asegurando que todos los participantes comprendan los requisitos del proyecto de la misma manera.

- Validación y verificación de LOD por fase: en la validación y verificación de modelos BIM se revisan los Niveles de Desarrollo. A medida que los modelos avanzan a través de las diversas fases del proyecto, se realizan verificaciones de los LOD especificados en el EIR. Esto incluye auditorías y revisiones de calidad para asegurarse de que los modelos sean precisos y completos (Epstein,2012).

Una vez definidas las necesidades de información y sus condiciones, lo que sigue es la repuesta desde BIM a esa demanda, es decir el BEP.

BEP.

El BEP especifica cómo se implementarán los requisitos del EIR (Employer's Information Requirements) y se gestionarán las actividades de información a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Conforme a la norma ISO 19650, el BEP es esencial para una ejecución coherente y coordinada del proyecto, alineando las expectativas del cliente con las capacidades del equipo de proyecto.

El BEP generalmente se divide en dos fases: Pre-Contrato y Post-Contrato, cada una abordando aspectos específicos del proyecto desde su inicio hasta su finalización y se listan a continuación:

TABLA 1. Componentes principales del EIR

COMPONENTES DEL EIR	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
PARTE TÉCNICA		
Formatos de intercambio	Definición de los formatos de archivo para la transferencia de datos, asegurando compatibilidad y uso eficiente por todas las partes involucradas.	BSI, 2020
Nivel de desarrollo (LOD)	Especificación del nivel mínimo de detalle geométrico e informativo necesario para cada modelo y componente, alineado con las necesidades de diseño y construcción.	ISO, 2018
Plataformas de software	Identificación de las plataformas de software y las infraestructuras colaborativas que se utilizarán, garantizando la interoperabilidad entre diferentes sistemas.	ISO, 2018
Coordenadas	Establecimiento de un sistema de coordenadas común para asegurar que todos los modelos del proyecto se alineen correctamente.	ISO, 2018
Nivel de información	Definición del nivel de formación BIM requerido para los participantes del proyecto, asegurando que todos tienen las habilidades necesarias para contribuir eficazmente.	BSI, 2020
PARTE DE GESTIÓN		
Estándares	Especificación de los procedimientos y normas a seguir para asegurar el flujo correcto de información, incluyendo la entrega y seguridad de los datos.	BSI, 2020
Proceso de coordinación	Métodos para el control y gestión de interferencias, asegurando que los modelos BIM se integren correctamente.	BSI, 2020
PARTE COMERCIAL		
Objetivos estratégicos	Definición de los objetivos estratégicos del proyecto en relación con el uso de BIM, asegurando que todas las actividades estén alineadas con la visión del cliente	ISO, 2018
Resultados esperados de la implementación BIM	Especificación de los resultados y beneficios esperados del uso de BIM en el proyecto, incluyendo mejoras en eficiencia y reducción de costos.	ISO, 2018
Evaluación de competencias	Establecimiento de criterios para evaluar las competencias de los participantes en BIM, asegurando que se mantengan altos estándares de calidad.	ISO, 2018
GESTIÓN DEL PROYECTO		
Roles y responsabilidades	Clarificación de los roles y responsabilidades de todos los actores del proyecto, promoviendo una colaboración eficaz.	ISO, 2018
Seguridad de los datos	Medidas de seguridad para proteger la información sensible del proyecto, asegurando la integridad y confidencialidad de los datos.	ISO, 2018

Fase Pre-Contrato

- **Visión General del Proyecto:** aquí se proporciona una descripción completa del proyecto, que incluye su alcance, objetivos y resultados previstos. Esta sección proporciona contexto para todos los participantes y ayuda a alinear sus esfuerzos con los objetivos del cliente. (Eastman et al., 2018).

- **Estrategia BIM:** se define el plan general para la implementación de BIM, especificando los métodos y tecnologías a utilizar. La selección del software, estándares de modelado y formatos de intercambio de datos son parte clave de la estrategia (Kensek, 2018).

- **Requisitos de Coordinación:** se describe cómo se organizarán las actividades entre los diferentes equipos y disciplinas. Esto puede incluir el desarrollo de modelos federados y reuniones de coordinación regulares para resolver conflictos y evaluar el proceso de colaboración. (Volk et al., 2018).

Plan de Entregables: se listan y describe los entregables del proyecto, que incluyen modelos, planos y otros documentos, así como los plazos para su entrega. Todos los participantes deben estar conscientes de sus responsabilidades y plazos en esta sección

Fase Post-Contrato

- **Gestión de Cambios:** se establecen los procedimientos para la gestión de cambios en el proyecto, asegurándose de que todos los cambios sean re-

gistrados y aprobados por el responsable. Esto incluye la actualización de modelos y documentos, así como la evaluación de impactos. (Smith & Tardif, 2018).

- **Control de Calidad:** se definen los procedimientos para asegurarse de que los datos y los modelos BIM sean de alta calidad. Las revisiones de calidad, la validación de datos y las auditorías periódicas son parte del control a fin de que todos los entregables cumplan con los estándares establecidos (Holzer, 2016).

Seguridad y Protección de Datos: se detalla cómo se van a proteger los datos del proyecto, por ejemplo, políticas de seguridad, gestión de accesos y copias de seguridad. La protección de datos protege al proyecto de la pérdida accidental de información por el acceso no autorizado.

- **Procesos de Colaboración:** en este punto se explica cómo todos los participantes del proyecto pueden trabajar juntos. Esto puede incluir la realización de talleres de trabajo y revisiones conjuntas, así como el uso de plataformas colaborativas en la nube. (Hardin, B., & McCool, D. (2020).

El BEP es fundamental para el éxito de un proyecto BIM, ya que proporciona un marco claro y estructurado para la implementación y gestión de la información. Al definir explícitamente las responsabilidades, procedimientos y estándares, se minimizan los errores y las inconsistencias, facilitando una ejecución más eficiente y coordinada del pro-

yecto.

Además, el BEP mejora la transparencia y la comunicación entre todas las partes interesadas, lo que ayuda a todos a comprender los objetivos y los requisitos del proyecto. Esto no solo mejora la calidad y la eficiencia, sino que también contribuye al éxito general del proyecto y a la satisfacción del cliente.

LOD

Hemos visto con anterioridad que el LOD es un elemento esencial de la implementación BIM, y es por ellos que ahora se precisarán algunos aspectos.

Sabemos que el nivel de desarrollo con el que se definen los componentes de un modelo BIM se conoce como LOD. Así como que su definición va más allá de simplemente describir la geometría, porque también incluye información no gráfica relacionada con cada elemento, como datos de materiales, especificaciones técnicas o requisitos de mantenimiento (BIM Fórum, 2023)

Lo esencial del LOD es que ayuda a establecer expectativas claras sobre la información que cada modelo debe contener, según la etapa donde se encuentre el proyecto.

A continuación y en la Tabla 2 se listan y describen los Niveles de Desarrollo que pueden ser utilizados para definir el alcance del modelado para distintos Usos BIM, tomando como referencia lo dis-

puesto en la Guía de Especificación de LOD creada por BIM Fórum (2023) y los Usos BIM de Penn State University (Kreider & Messner, 2013), cubriendo desde la planificación conceptual hasta la preparación para la fabricación y la coordinación avanzada de los elementos del proyecto:

Niveles de LOD

LOD 100 (Conceptual): en este nivel los modelos representan elementos y características básicas. Se utilizan principalmente para el análisis preliminar y estudios de viabilidad. La geometría es representativa y no detallada, ofreciendo una visión general del proyecto sin especificaciones precisas.

LOD 200 (Diseño Esquemático): en este modelo las dimensiones son aproximadas y las configuraciones básicas de los elementos se representan con mayor precisión. La coordinación inicial entre las disciplinas y el análisis más detallado del diseño pueden suceder con este nivel.

LOD 300 (Diseño Detallado): con este Nivel de Desarrollo los elementos del modelo tienen dimensiones y detalles precisos, lo que los hace apropiados para la documentación del diseño y la obtención de permisos. La información es adecuada para la mayoría de los análisis y coordinaciones de construcción.

LOD 350 (Documentación de Construcción): los modelos LOD 350 incluyen las especificaciones adicionales que se requieren para la fabricación y la construcción. Se modelan elementos de cone-

xión y detalles específicos para facilitar la coordinación precisa entre todas las disciplinas.

LOD 400 (Construcción): con este nivel los modelos están suficientemente detallados para la fabricación y ensamblaje de los componentes. Se proporciona información detallada y precisa sobre dimensiones, tolerancias y materiales, lo que permite la prefabricación y la instalación en el sitio.

LOD 500 (As-Built): los modelos LOD 500 muestran con precisión el estado del proyecto construido. Incluyen todas las modificaciones realizadas durante la construcción y se utilizan para administrar las operaciones de mantenimiento y las instalaciones a largo plazo.

IMPLEMENTACIÓN DEL LOD

La implementación efectiva del LOD requiere una planificación meticulosa y una comunicación clara entre todos los involucrados en el proyecto. Según la norma ISO 19650 (2018), es fundamental establecer los Niveles de Desarrollo necesarios en cada fase del proyecto desde el inicio. Esto implica especificar claramente los LOD en los Requisitos de Información del Cliente (EIR) para que todos los actores del proyecto comprendan y cumplan con estas especificaciones. (Eastman et al., 2018).

Además, la validación y verificación del LOD deben ser parte integral del proceso de gestión del proyecto. Esto incluye la realización de auditorías y revisiones periódicas para que los modelos cumplan con los niveles de desarrollo especificados y

que la información sea precisa y completa (Hardin, B., & McCool, D., 2020).

LOD EN LA FASE PRECONSTRUCTIVA Y CONSTRUCTIVA

El Nivel de Desarrollo (LOD) proporciona un marco detallado y preciso para la construcción y ensamblaje de los componentes del edificio durante la fase constructiva del proyecto. El LOD 350 y LOD 400 son particularmente indispensables en esta etapa porque los modelos deben contener detalles constructivos que permitan la fabricación y montaje de los elementos de manera precisa. (Eastman et al., 2018; Kensek, 2018).

LOD 350 y LOD 400 EN LA PRECONSTRUCCIÓN

LOD 350: en este nivel, los modelos proporcionan información sobre las conexiones e interfaces entre varios sistemas y componentes. Esto ayuda a los equipos de construcción a identificar y resolver conflictos potenciales antes de que ocurran en el sitio, lo que mejora la eficiencia y reduce el riesgo de errores costosos. (Smith & Tardif, 2018).

LOD 400: Los modelos se utilizan en la fabricación y ensamblaje de componentes prefabricados con este nivel. Para proyectos que dependen en gran medida de la prefabricación y la construcción modular, la precisión y especificaciones de los elementos son indispensables para que cada componente se ajuste perfectamente durante su construcción. (Volk et al., 2018).

TABLA 2. Niveles de desarrollo LOD y Usos BIM.

LOD	Descripción General	Usos BIM	Referencia AIA (E202,E203, G201, G202)
LOD 100	Representación conceptual. Se muestran elementos de manera aproximada, sin dimensiones exactas.	Estudios iniciales de viabilidad y análisis de masas.	E202 y E203: Establece que los elementos son aproximados y pueden cambiar.
LOD 200	Modelos genéricos. Se incluyen dimensiones aproximadas, formas y orientaciones.	Planificación preliminar, coordinación general del diseño, aproximación a costos.	E202 y E203: Introduce geometría básica, pero sin detalles constructivos completos.
LOD 300	Modelos detallados. Elementos geométricos específicos y definidos con precisión suficiente para construcción.	Desarrollo detallado del diseño, elaboración de presupuestos, planificación y logística.	E202, G201 y G203: Modelos son precisos y pueden ser usados para generación de planos de construcción.
LOD 350	Elementos definidos con información geométrica y de interfaces con otros sistemas.	Coordinación de disciplinas, verificación de interferencias, planificación constructiva.	G201, G203: Modelos incluyen información de interfaces con otros sistemas, facilitando la coordinación.
LOD 400	Modelos con información lista para la fabricación. Elementos tienen dimensiones exactas y especificaciones técnicas.	Desarrollo de fases constructiva avanzadas, generación de documentos de fabricación y montaje.	G201 y G203: Modelos se utilizan para el proceso de prefabricación y generación de planos de taller.
LOD 500	Modelo como construido (as-built). Información del modelo refleja las condiciones exactas del proyecto terminado.	Verificación final, documentación de as-built, y generación de manuales de operación y mantenimiento.	E202, E203: El modelo refleja con precisión lo construido en campo.

Nota. Los documentos de la AIA E202 y E203 se enfocan en la definición de niveles de desarrollo para coordinar la información y los roles entre los actores del proyecto y los G201 y G203 con las fases de construcción y los detalles específicos para la coordinación y ejecución de los trabajos (BIM Fórum, 2023).

Según la norma ISO 19650, es importante definir los niveles de información requeridos en cada fase del proyecto desde el inicio. Esto implica especificar claramente los LOD o LOIN en los Requisitos de Información del Cliente (EIR) y asegurarse de que todos los participantes del proyecto comprendan y cumplan con estas especificaciones

1.3 Organización, interoperabilidad y sistemas de clasificación.

ORGANIZACIÓN DEL MODELO.

Una organización estructurada del modelado desde el principio garantiza un flujo de trabajo eficiente y preciso en el modelado arquitectónico, especialmente durante la fase de preconstrucción. El proceso comienza con los objetivos del proyecto y los requisitos de información específicos (Nawari & Kuenstle, 2015). El Plan de Ejecución BIM (BEP) es la primera etapa en la organización del modelo. Este documento es esencial para la coordinación de todos los involucrados porque define los roles y responsabilidades, los estándares a seguir y el cronograma del proyecto. Además, incluye un protocolo de intercambio de información a considerarse para las diversas plataformas de software utilizadas por los equipos de las diferentes disciplinas.

El siguiente paso es definir un entorno común de datos (CDE). Este es el lugar donde se crea, almacena y maneja toda la información del proyecto. El CDE requiere del trabajo en equipo y garantiza

que todos los participantes trabajen de manera concurrente y con la información más actualizada (ISO 19650, 2018). Para evitar confusiones y pérdidas de información, la estructuración adecuada del CDE incluye la organización de carpetas en función del flujo de trabajo del modelado y una nomenclatura de archivos estandarizada.

A esta primera etapa de organización le sigue, en términos de modelado, el protocolo.

PROTOCOLO.

Este documento debe definir requisitos como: roles y responsabilidades, estructura de datos, estándares de creación y gráficos, Niveles de Desarrollo, coordenadas, discrepancias, granularidad, flujos de trabajo con las directrices de intercambio de información, control de calidad para la verificación y validación del modelo, formatos abiertos y plantillas, entre otros. Como ya se ha mencionado, también los Niveles de Desarrollo (LOD) del modelo durante la fase de preconstrucción que son claves

para el resultado, y deben alcanzar un LOD 300-350, lo que implica que todos los elementos constructivos están modelados con sus dimensiones y especificaciones de materiales precisas.

PLANTILLAS.

Las plantillas de modelado arquitectónico son una herramienta de estandarización y vital para mantener la consistencia en la información del proyectos, en términos de diseño y documentación. Estos recursos ayudan a los diferentes equipos a trabajar juntos, asegurándose de que todos los miembros del proyecto ocupan la misma base de información y siguen las mismas directrices en el modelado.

La norma ISO 19650 (2018), que regula la gestión de la información en proyectos de construcción utilizando BIM, destaca la importancia de utilizar plantillas estandarizadas para la planificación y ejecución de proyectos. Esta norma insiste en la coherencia y la calidad en la gestión de la información para que los proyectos se desarrollen de manera organizada y eficiente.

Una plantilla de modelado BIM arquitectónico debe incluir todos los aspectos que permiten alcanzar la eficiencia en cuanto a cantidad y calidad de información. Esta base común, es un archivo preconfigurado que se puede utilizar cada vez en nuevos proyectos. Se trata, por otro lado, de ahorrar tiempo automatizando tareas y contenidos que permitan uniformizar la presentación del pro-

yecto.

En este sentido, con la plantilla se debe especificar:

- Niveles y vistas: estas configuraciones especifican los diferentes tipos de vista como plantas, secciones, alzados o tablas, con sus correspondientes alcances gráficos, a fin de que el modelador visualice el modelo desde diferentes perspectivas y Niveles de Desarrollo, facilitando la revisión y coordinación del proyecto.

- Parámetros predefinidos: estos parámetros aseguran la consistencia en las propiedades de los elementos del modelo, como dimensiones, materiales y categorías.

- Unidades y parámetros del proyecto: debe establecer unidades de medida (métricas o imperiales) y otros parámetros que faciliten el manejo de la precisión de los datos que se introducen en el modelo.

- Familias de componentes y sistemas: se refiere a la predefinición de familias del sistema constructivo como muros, techos, y pisos, y como familias de componentes a puertas, ventanas y mobiliario, todo ellos diseñados para ser reutilizados en múltiples proyectos.

- Estilos de objetos y anotaciones: se preconfigura el estilos de línea, patrones de relleno, tipos de texto y dimensiones. Tener listos estos estilos de antemano asegura que todos los documentos del

proyecto tendrán una consistencia gráfica y un estándar visual.

- Bloques de título: estos elementos gráficos deben incluirse en las plantillas para que toda la documentación del proyecto esté correctamente identificada y contenga la información relevante, como nombre del proyecto, las fechas, escalas o los responsables.

- Protocolos de colaboración y filtros de vista: aquí se especifican cómo se distribuirán los modelos y la información entre los equipos, mientras que los filtros de vista permiten personalizar la visualización del modelo para destacar los elementos específicos en las presentaciones.

- Fases del proyecto: la plantilla también debe definir claramente las fases del proyecto. Esto permite el seguimiento del progreso del proyecto, desde el diseño conceptual hasta la construcción y el mantenimiento.

- Configuraciones de impresión y exportación: estas dos características sirven para que los documentos se impriman y exporten de acuerdo con las necesidades del proyecto. La configuración de la impresora, los formatos de papel y las opciones de exportación a PDF, DWG o IFC están incluidos en esto.

ASEGURAR LA INTEROPERABILIDAD.

Modelar un elemento de construcción con éxito y asegurar la interoperabilidad de su modelo en el

Proceso BIM exige conocer información detallada más allá de los formatos abiertos. A continuación se listan las más comunes:

- Especificaciones del proyecto: Conozca todos los requisitos del proyecto, incluido el tipo de estructura, el uso previsto del edificio y cualquier normativa local o nacional a cumplir.

- Planos y diseños: se debe acceder a los planos arquitectónicos, estructurales y MEP (Mecánico, Eléctrico, Fontanería) para comprender la disposición general de estos sistemas y sus interrelaciones entre ellos.

- Requisitos de funcionalidad: conocer minuciosamente cómo se espera que cada elemento de construcción funcione en el modelo y se integre con el resto de los elementos del edificio o proyecto.

- Especificaciones del material: se trata de la información sobre los materiales específicos que se utilizarán para construir el elemento, incluidas sus dimensiones, propiedades físicas y químicas o cualquier requisito especial de instalación.

- Normativas y Estándares: Conocimiento de las normativas y estándares para el tipo de construcción que se está modelando, como ASTM, ISO, o normativas locales de construcción.

- Datos Geoespaciales: Información sobre la ubicación geográfica del proyecto, incluyendo coordenadas GPS y elevaciones para garantizar la preci-

sión del modelo en relación con el entorno circundante.

- Información de fabricantes: se requiere especificaciones y detalles proporcionados por los fabricantes de los componentes o sistemas que se utilizan en el modelado del elemento de construcción.

- Datos de costes y tiempos: se precisa información sobre costos y el calendario asociado con un elemento o grupos de ellos, sobre todo lo que puede influir en las decisiones de diseño y construcción.

- Información de mantenimiento y operaciones: si fuera el caso es necesario manejar especificaciones sobre el mantenimiento previsto y los requisitos operativos del elemento una vez que esté en uso, para que el modelo contenga toda la información necesaria que asegure la gestión del activo a largo plazo

- Formatos de intercambio de datos: este punto es específico de la interoperabilidad, por lo que se debe conocer los formatos de intercambio de datos comunes en la industria, como IFC (Industry Foundation Classes) y COBie (Construction Operations Building information exchange), y que puedan funcionar con otros sistemas y software BIM utilizados en el proyecto.

SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN.

En el modelo BIM, los sistemas de clasificación son estructuras organizativas que se utilizan para cate-

gorizar y etiquetar los diferentes componentes y elementos. Estos sistemas facilitan la comunicación y la colaboración entre los diversos participantes del proyecto al estandarizar la manera en que se organiza, almacena y recupera la información del modelo (National Institute of Building Sciences, 2020).

Básicamente, permiten que todos los involucrados en el proyecto entiendan y utilicen la información de manera coherente y efectiva y sus beneficios se pueden resumir en:

- Estandarización: mejora la coherencia y reduce la posibilidad de errores (National Institute of Building Sciences, 2020).

- Interoperabilidad: facilita el intercambio de información al permitir que la información sea compatible entre varios software y plataformas BIM (Construction Specifications Institute, 2020).

- Eficiencia: mejoran la gestión de proyectos al facilitar la organización y el acceso a la información (BuildingSmart, 2020).

- Transparencia: todos los participantes pueden acceder y comprender la información de manera uniforme (National Institute of Building Sciences, 2020).

A continuación los principales sistemas de clasificación en BIM reconocidos y sus características se presentan en la Tabla 4:

Uniformat: es un sistema de clasificación que or-

ganiza los elementos de un edificio en función de sus sistemas funcionales, como la estructura, el acabado interior, los servicios mecánicos, entre otros. Es útil para el análisis de costos y la estimación en las fases iniciales del diseño (National Institute of Building Sciences, 2020).

MasterFormat: un sistema que clasifica los elementos del edificio basándose en los materiales y métodos de construcción. Es ampliamente utilizado en la documentación de especificaciones y en la gestión de proyectos de construcción (Construction Specifications Institute, 2020).

OmniClass: Es un sistema de clasificación más amplio que abarca todas las fases del ciclo de vida de un edificio, desde la planificación y diseño hasta la construcción, operación y mantenimiento. Las tablas de este sistema cubren aspectos como productos, actividades, fases de trabajo, y más (National Institute of Building Sciences, 2020).

Uniclass: Predominantemente utilizado en el Reino Unido, Uniclass es un sistema de clasificación que abarca todos los aspectos del entorno construido, incluyendo edificaciones, infraestructuras y paisajes. Está diseñado para ser utilizado a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto (BuildingSmart, 2020).

La Tabla 4 proporciona una visión general comparativa de estos sistemas de clasificación BIM, lo que puede ayudar en la selección del sistema más adecuado según las necesidades específicas de un

proyecto o empresa. A continuación se explican los elementos característicos, contenidos en dicha tabla y de los sistemas de clasificación BIM más utilizados a nivel mundial:

- Estructura: Indica si la estructura del sistema de clasificación es jerárquica, secuencial o multidimensional (Tabla 3).
- Niveles de Clasificación: número de niveles o divisiones principales en los que se organiza el sistema.
- Uso principal: describe el uso más común para el sistema de clasificación.
- Cobertura geográfica: región principal donde se utiliza o se ha desarrollado el sistema.
- Compatibilidad con BIM: nivel de compatibilidad y facilidad de integración con herramientas BIM.
- Desarrollo y mantenimiento: organización responsable del desarrollo y actualización del sistema.
- Sector de aplicación: sectores en los que se utiliza principalmente el sistema.
- Flexibilidad y adaptabilidad: capacidad del sistema para adaptarse a diferentes tipos de proyectos y necesidades específicas.
- Integración con software BIM: grado de soporte e integración con software BIM.
- Actualización y revisión: frecuencia con la que se actualiza y revisa el sistema de clasificación.

En resumen, los sistemas de clasificación son herramientas para la organización y gestión eficiente de la información y mejoran la colaboración y comunicación entre todos los involucrados en el proceso.

TABLA 3. Estructura de los sistemas de clasificación

	ESTRUCTURA	CLASIFICACIÓN
1	Jerárquica (Omniclass)	<p>Nivel 1: 23 - Productos (Products)</p> <p>Nivel 2: 23-10 00 - Productos de construcción (Construction Products)</p> <p>Nivel 3: 23-10 10 - Componentes de envoltorio de edificio (Building Envelope Components)</p> <p>Nivel 4: 23-10 10.10 - Paredes (Walls)</p>
2	Secuencial (Unifomat)	<p>B - Elementos Superficiales</p> <p>B2 - Envoltorio de Edificio</p> <p>B2010 - Muros Exteriores</p> <p>B2010.10 - Pared de Ladrillo</p>
3	Multidimensional (UniClass)	<p>Función: Dividir espacios</p> <p>Ubicación: Envoltorio del edificio</p> <p>Material: Ladrillo</p> <p>Forma: Pared vertical</p> <p>Dimensiones: Altura, espesor, longitud</p>

TABLA 4. Sistemas de Clasificación.

Característica	Uniclass 2015	OmniClass	MasterFormat	Uniformat II
Estructura	Jerárquica y multidimensional	Multidimensional y jerárquica	Jerárquica y secuencial	Jerárquica y secuencial
Niveles de clasificación	12 niveles	15 tablas (niveles)	50 divisiones principales	7 niveles principales
Uso Principal	Clasificación de elementos, productos, actividades	Clasificación de información de construcción	Especificaciones de construcción	Clasificación de sistemas y elementos constructivos
Cobertura Geográfica	Global	Global	Principalmente América del Norte	Principalmente América del Norte
Compatibilidad BIM	Alta	Alta	Media	Media
Desarrollo y Mantenimiento	NBS (National Building Specification, UK)	Construction Specifications Institute (CSI, USA)	Construction Specifications Institute (CSI, USA)	ASTM International
Sector de Aplicación	Arquitectura, Ingeniería, Construcción	Arquitectura, Ingeniería, Construcción	Arquitectura, Ingeniería, Construcción	Arquitectura, Ingeniería, Construcción
Flexibilidad y adaptabilidad	Alta	Alta	Media	Media
Integración con Software BIM	Alta (integración directa con múltiples software BIM)	Alta (soporte en múltiples software BIM)	Media (soporte limitado en software BIM)	Media (soporte limitado en software BIM)
Actualización y revisión	Regular (frecuentes actualizaciones)	Regular (actualizaciones periódicas)	Ocasional	Ocasional

1.4 Fases del proyecto y los Usos BIM.

Como se ha mencionado anteriormente, la metodología BIM es una herramienta para la gestión eficiente de proyectos de construcción y facilita la colaboración y la precisión en todas las fases del proyecto. Cada una de las fases del proyecto tienen sus propios alcances del uso de BIM, principalmente cómo estos afectan el proceso de planificación de la construcción. La Figura 3 muestra un resumen de los alcances de BIM en cada fase del proyecto y éstas se explican con detalle a continuación.

PLANIFICACIÓN Y PREDISEÑO.

En la fase de planificación y prediseño el BIM posibilita la identificación precisa de las necesidades del proyecto y la realización de estudios de viabilidad más confiables. Los primeros modelos 3D ayudan a visualizar las ideas conceptuales y evaluar diferentes opciones de diseño desde el principio, lo que mejora la toma de decisiones y optimiza los recursos. A esto se suma las tecnologías como dro-

nes y escáneres en el modelo BIM para recopilar datos del sitio, lo que proporciona una base sólida para el diseño posterior.

DISEÑO.

El BIM se utiliza durante la fase de diseño para crear el diseño conceptual y esquemático en modelos 3D detallados. Como resultado, todos los profesionales pueden trabajar sobre un modelo común, evitando conflictos y errores, lo que deriva en una coordinación interdisciplinaria. La documentación de construcción creada a partir del modelo BIM incluye planos y especificaciones detalladas, lo que representa para las partes involucradas un acceso a la misma información. Los niveles de desarrollo (LOD) definidos permiten obtener la información necesaria en esta etapa del diseño.

PRECONSTRUCCIÓN.

En la fase de Preconstrucción, BIM es útil para la estimación precisa de costos y la planificación de

la construcción. Los modelos permiten realizar análisis de costos más exactos basados en cantidades precisas y especificaciones detalladas. La planificación de la construcción se ve beneficiada por la capacidad de simular secuencias constructivas y detectar posibles conflictos (clash detection) antes de que ocurran en el sitio (Smith et al., 2018). Igualmente, la coordinación de modelos facilita la selección y contratación de contratistas y subcontratistas, asegurando que todos comprendan el alcance del proyecto.

CONSTRUCCIÓN.

Durante la construcción, BIM es una herramienta para la gestión completa del sitio. Los modelos 3D se utilizan para supervisar el progreso de la obra, administrar los recursos y controlar la calidad mediante inspecciones basadas en modelos (Khanzode et al., 2008). Las actualizaciones del modelo en tiempo real mantienen la información actualizada y accesible para todas las partes interesadas porque reflejan los cambios y modificaciones que se han llevado a cabo en el sitio web. Las reuniones regulares de revisión del modelo contribuyen a la identificación y resolución rápida de todos los problemas.

ENTREGA Y PUESTA EN MARCHA.

Aquí, BIM facilita la inspección final del proyecto y la creación de documentación As-built que muestra el estado final de la construcción. La capacitación del personal de mantenimiento y operación

requiere esta documentación, lo que garantiza una transición fluida desde la construcción hasta la operación (Sacks et al., 2010). El modelo BIM se utiliza para iniciar los sistemas y que todos, incluyendo mecánicos, eléctricos y de plomería, funcionen correctamente.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Durante esta fase, BIM se utiliza para gestionar el edificio de manera eficiente a lo largo de su ciclo de vida. Los modelos BIM actualizados permiten realizar un seguimiento del desempeño del edificio, planificar tareas de mantenimiento y llevar a cabo renovaciones de manera informada (Becerik-Gerber et al., 2012). La capacidad de actualizar el modelo con cualquier cambio o renovación asegura que la información esté siempre precisa y relevante.

FIN DE LA VIDA ÚTIL.

Finalmente, en la fase de fin de vida útil, BIM se utiliza para planificar la demolición o renovación del edificio. El modelo BIM permite identificar materiales y componentes que pueden ser reciclados o reutilizados, promoviendo prácticas sostenibles y eficientes (Krygiel & Nies, 2008).

En resumen, la implementación de BIM en todas las fases de un proyecto de construcción no solo mejora la eficiencia y precisión, sino que también facilita la colaboración y la gestión integral del proyecto, desde la planificación inicial hasta el fin de su vida útil.

Según la AIA (American Institute of Architects) cada fase del proyecto utiliza BIM para optimizar tareas específicas. En el diseño conceptual, se emplea para visualizar ideas; en el diseño detallado, para generar modelos precisos; en la documentación, para coordinar información técnica; en la construcción, para planificar y gestionar el progreso; y en la operación, para la gestión del ciclo de vida del edificio, integrando mantenimiento y renovaciones futuras.

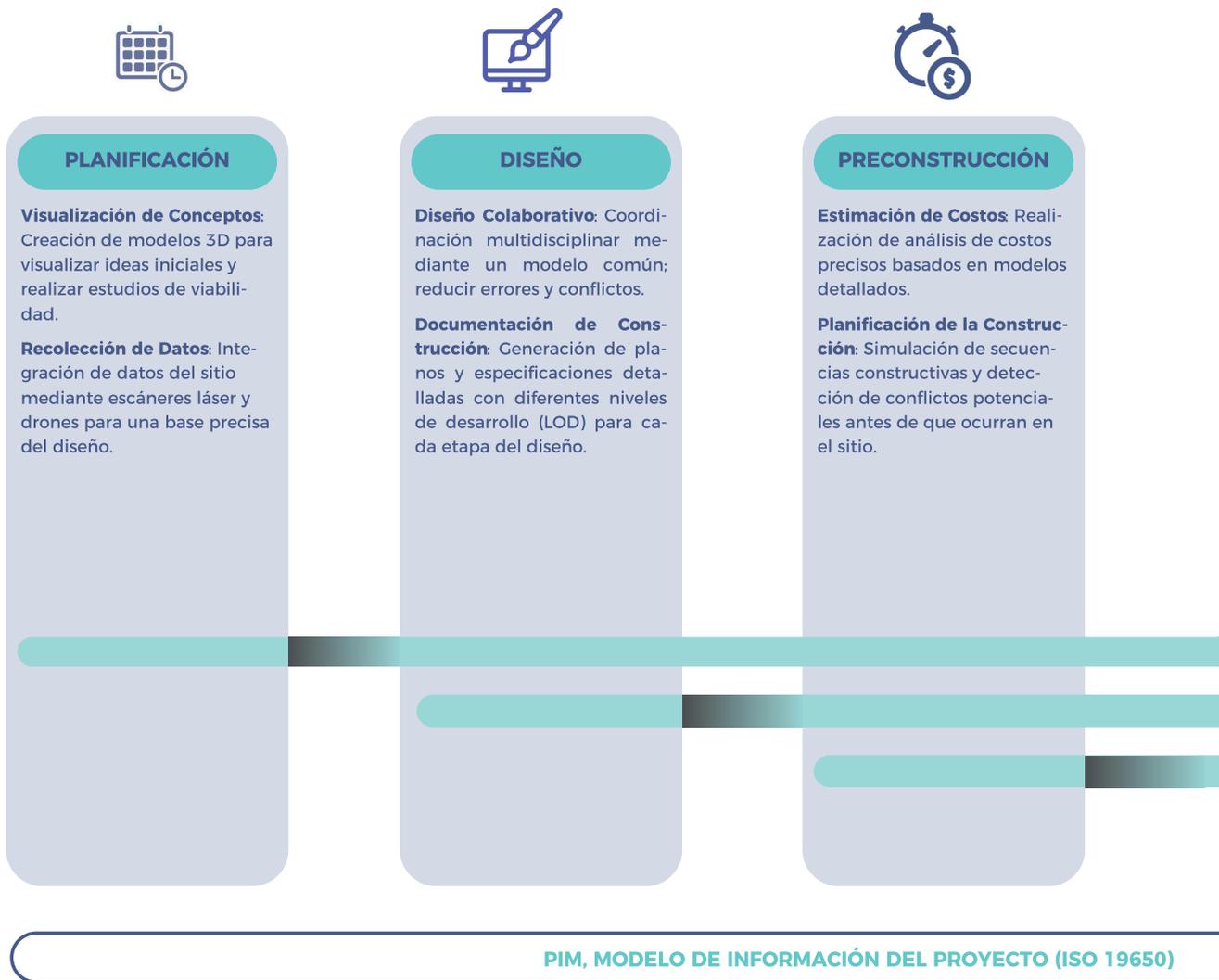


FIGURA 3. BIM en cada fase del proyecto y sus alcances.



CONSTRUCCIÓN

Gestión del Sitio: Supervisión del progreso de la obra y gestión de recursos mediante modelos 3D actualizados en tiempo real.

Control de Calidad: Realización de inspecciones basadas en modelos para asegurar la calidad y reducir retrabajos



OPERACIÓN

Documentación y modelo As-built: Creación de modelos que reflejan el estado final de la construcción para uso en operaciones y mantenimiento.

Gestión de Instalaciones: Uso de modelos BIM para la planificación de tareas de mantenimiento y renovaciones, y monitoreo del desempeño del edificio.

Actualización Continua: Mantener el modelo BIM actualizado con cualquier cambio o renovación.

AIM, MODELO DE
INFORMACIÓN DEL
ACTIVO (ISO 19650)

USOS BIM Y BEP.

Es esencial planificar un BEP desde una relación estrecha con el Uso BIM. El BEP es un plan estratégico que establece cómo se llevará a cabo la implementación de BIM en un proyecto. Detalla los roles, responsabilidades, procesos y estándares a seguir, y su cumplimiento permite que se alcancen los objetivos del proyecto de manera eficiente y eficaz.

Sin embargo, el término "Uso BIM" se refiere al uso específico de la metodología BIM en cada fase del proyecto. Estos usos incluyen coordinación y visualización, así como gestión de instalaciones y análisis energético (Eastman et al., 2011). La identificación y definición precisa de los usos BIM en BEP es esencial para cumplir con las expectativas de la implementación.

Una de las principales funciones del BEP es establecer cómo se van a coordinar los usos BIM. Esto incluye la selección de los usos que serán implementados en el proyecto, basándose en los objetivos del mismo, así como en las capacidades del equipo. Por ejemplo, en un proyecto donde la sostenibilidad es una prioridad, se pueden priorizar usos BIM relacionados con el análisis energético y la simulación de rendimiento (Cheng & Lu, 2015). Al definir estos usos en el BEP, se establecen las bases para un desarrollo estructurado y coherente de las estrategias y tecnologías BIM en ese proyecto.

Además, el BEP ofrece una hoja de ruta clara sobre cómo se integrarán las técnicas BIM en los diferentes procesos del proyecto. La asignación de responsabilidades, la definición de los flujos de trabajo y la especificación de entregables son ejemplos de lo que se puede hacer en este contexto. Un BEP bien organizado garantiza que cada uso de BIM esté respaldado por un plan detallado que incluya recursos, plazos y criterios de calidad. Esta planificación evita confusiones y cumple con los objetivos del proyecto. (BIMForum Chile, 2021).

En resumen, la relación entre BEP y los Usos BIM es esencial para el éxito de cualquier proyecto de BIM. La estructura y la planificación necesarias para la implementación de los Usos BIM son proporcionadas por BEP, lo que garantiza que se apliquen de manera eficiente y de acuerdo con los objetivos del proyecto, lo que resulta en una entrega exitosa de la planificación.

BIM, en la fase de planificación y pre-diseño facilita la visualización de conceptos y estudios de viabilidad. Durante la fase de diseño, permite una coordinación interdisciplinaria precisa, mejorando la documentación y minimizando errores. En la preconstrucción, se utiliza para estimar costos y planificar con precisión, identificando conflictos potenciales antes de que ocurran.

2

MODELADO DE CASOS: ELEMENTOS DE ARQUITECTURA

Detallar cómo interaccionan los elementos constructivos en el proyecto requiere de un proceso de información detallada y estructurada. Esto implica identificar las características y definir las a través de parámetros, que van desde las dimensiones y geometría hasta las propiedades físicas, mecánicas y normativas.

En la fase preconstructiva, se prevé tanto la funcionalidad constructiva como las prioridades de los elementos en el modelado, a fin de que cada uno de ellos cumpla con el propósito previsto en el EIR y el BEP.

En el caso de los elementos arquitectónicos es importante considerar que la integración entre elementos del proyecto sucederá en términos de estética y funcionalidad. La coordinación de los acabados interiores y exteriores, o la conexión con elementos estructurales y no estructurales del edificio será parte de la estrategia de modelado. Prever una federación adecuada de las disciplinas, desde el modelado, permite que todos los elementos trabajen juntos de manera coherente, mejorando el rendimiento general del modelo para las dimensiones 4D y 5D (Chilean BIM Standards, 2020).

Introducir las características y propiedades para que un elemento sea modelado en su contexto y atendiendo los requerimientos de la fase preconstructiva en BIM, se presentan a continuación a modos de casos. Los indicadores, parámetros y prioridades de elementos arquitectónicos en su contexto, como paredes, tabiques, puertas, acabados, cielorrasos y techos, se informan bajo referencias internacionales y sistemas de clasificación en la especificación de cada uno de ellos.

2.1 Caso 1: pared –piso–zócalo

El modelado de los elementos del caso 1, representado en su contexto en el detalle de la Figura 4, se centra en la interacción de los elementos arquitectónicos de una pared de ladrillos de arcilla rayada con una losa de piso, sus correspondientes acabados y un zócalo o rodapié como remate de pared y piso. Como se muestra en el detalle de la Figura 5 los ladrillos corresponden a la capa del núcleo y en la superficie se disponen entrelazados para asegurar una mayor estabilidad y resistencia estructural (1). La pared, lleva un revoque grueso o enlucido grueso de 2 cm de espesor (2), compuesto por una mezcla de cemento, arena y agua, que proporciona una superficie uniforme y protege los ladrillos de la intemperie.

Sobre el revoque grueso, sigue la capa de revoque fino o estuco de 1,5 cm (3), elaborada con una mezcla más fina de cemento y arena, para lograr una superficie lisa y lista para recibir la pintura. A continuación, se encuentra una capa de pintura base y luego la pintura de acabado final (4), para proteger y dar un acabado estético a la superficie inferior de la pared se coloca un zócalo barredera de MDF lacado blanco (5).

Encima de la losa maciza (9) se encuentra el contrapiso (11) que proporciona una base firme para recibir el acabado de piso (12) de porcelanato de 45 x 45 cm, pegado con un mortero adhesivo.

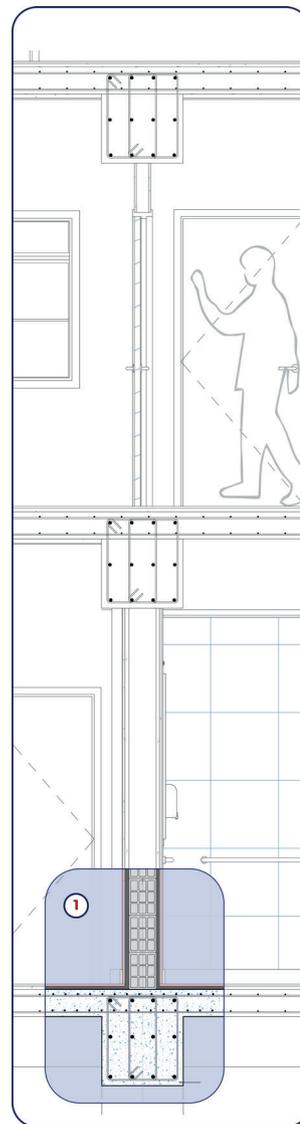
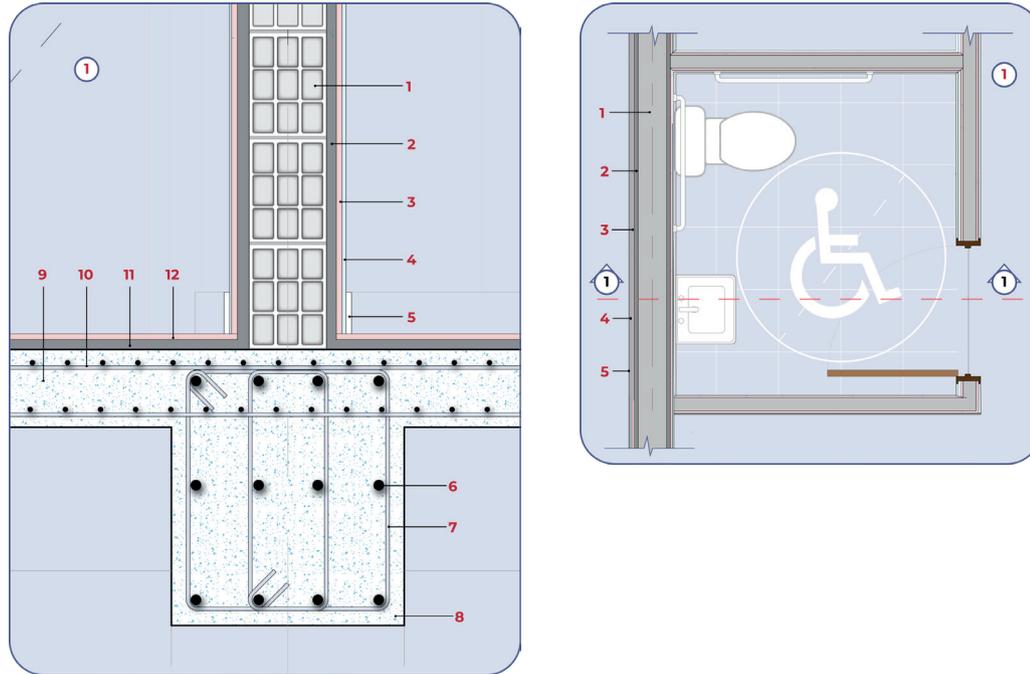


FIGURA 4. Caso 1.

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.



(1) Ladrillo de arcilla 6 huecos 15 x 19 x 24 cm.

(2) Revoque grueso o revoque 20 mm.

(3) Revoque fino o enlucido 20 mm

(4) Pintura base / Pintura de acabado final / Cerámica

(5) Zócalo o barredera 8cm, MDF lacado blanco.

(6) Varilla refuerzo

(7) Estribo

(8) Hormigón viga

(9) Hormigón losa maciza.

(10) Malla armada.

(11) Contrapiso (mortero autonivelante), mortero.

(12) Acabado Final de piso porcelanato blanco de 45 x 45 cm.

FIGURA 5. Detalle constructivo planta y sección, Caso 1.

CONJUNTOS FUNCIONALES Y PRIORIDADES.

Modelar como se construye permite una simulación precisa y secuencial de cada paso en el proceso constructivo. Cuidar la jerarquía constructiva de manera que los elementos se integren coherentemente minimiza los problemas de coordinación y programación del proyecto o 4D.

Al planificar el modelado de elementos se debe tener en cuenta cómo interactúan constructivamente y a qué conjunto funcional pertenece (ver Tabla 6). Establecer el nivel de prioridad significa definir un orden para esa interacción entre un elemento y sus partes y otro elemento y sus partes. Este enfoque se alinea con los estándares BIM, como los especificados por el BIM Forum, que destaca la importancia de los Niveles de Desarrollo (LOD) para representar con precisión los elementos en distintas etapas del proyecto (BIM Forum, 2023).

FUNCIONALIDAD CONSTRUCTIVA.

La planificación del modelado de los elementos representados en el Caso 1, requiere de la organización en grupos asociados a su funcionalidad constructiva. En tal sentido, este caso contiene los siguientes grupos funcionales de los elementos detallados en la Figura 6.

- Estructura: aquí se agrupan los elementos estructurales (cimientos, vigas, columnas, y losas) que soportan las cargas del edificio. Incluye hormigón armado, acero, y componentes prefabricados esen-

ciales para integridad estructural. Para esta categoría el caso incluye una losa maciza (9) y vigas de hormigón armado (8), varilla de refuerzo longitudinal (6), estribos (7) y la malla armada (10)

- Cerramientos: se refiere a los elementos que conforman las paredes exteriores e interiores de una edificación. Aquí se incluye la pared de ladrillo de arcilla. (1)

- Acabados:

- Revestimientos: son capas aplicadas sobre superficies estructurales (paredes, techos, suelos) para mejorar la estética, proteger contra la humedad y otros daños, además de proporcionar una superficie lisa. En el caso 1 comprenden: revoque grueso de pared (2 cm) (2) y revoque fino o enlucido de pared (2 mm) (3), contrapiso y mortero (11).

- Acabados finales: son los tratamientos aplicados a superficies visibles de una edificación (pared, pisos, techos) como pintura, enlucidos, porcelanatos, zócalos, y barnices. Los acabados de pared de este caso son pintura y cerámica (4), barrederas (5) y el piso con mortero y porcelanato (12).

PRIORIDADES DE MODELADO.

En el modelado de paredes y pisos, del Caso 1, así como las capas de contrapiso y revoque grueso (P2) y las de acabados P3 y P4 interactúan según la secuencia constructiva real. La diferencia entre el P3 de piso y el P3 de pared esta en el orden de modelado, pero en la estructura de jerarquías son

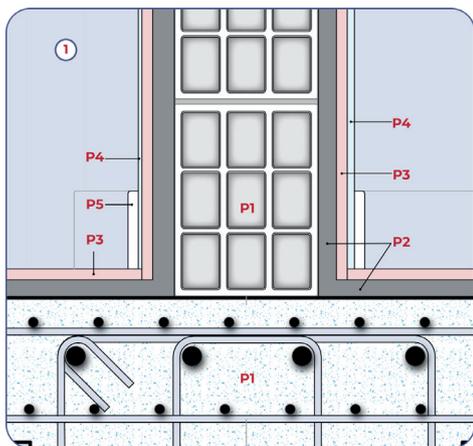


FIGURA 6. Detalle prioridades , Caso 1.

TABLA 5. Prioridades de modelado, Caso 1.

ELEMENTO	VALOR P
PARED + ACABADOS	
Capa de aire o núcleo	1
Capa lado exterior del núcleo	2
Capa lado interior	2
Capa lado exterior	3
Capa lado interior	3
Capa lado exterior terminado	4
Capa lado interior terminado	4
Elemento	5
PISO + ACABADOS	
Capa núcleo	1
Capa superior	2
Capa superior	3

iguales. El revoque fino y el acabado cerámico, también comparten la misma prioridad P4. Las paredes y piso estructural suelen tener un nivel alto P1 debido a su importancia estructural. Se construyen primero y marcan la relación de dependen-

cia de los elementos al modelarse y representarse, como se muestra en la Figura 6 y Tabla 5.

TABLA 6. Conjuntos constructivos de arquitectura.

CONJUNTO CONSTRUCTIVO	ELEMENTOS
Estructura (*)	- Columnas, vigas, losas, muros de carga, cimientos.
Cerramientos	Muros exteriores, - fachadas, revestimientos especiales.
Divisiones internas	Tabiques, particiones, mamparas.
Cubiertas	Tejados, azoteas, impermeabilizaciones.
Acabados	Revestimientos de paredes (pintura, papel tapiz, azulejos, acabados de pisos, zócalos o barrederas, acabados de techos (cielorrasos, molduras).
Carpinterías y cerrajerías	- Puertas, ventanas, cerraduras.

Nota: (*) Este conjunto pertenece a la disciplina estructural, pero contiene elementos que son tratados en los casos arquitectónicos de este texto.

2.2 Caso 2: cielorraso – Techo – pared– puerta.

El modelado de elementos de este caso, Figura 7 responde a una secuencia constructiva de pared de ladrillo, techo, cielorraso y una puerta-reja de metal. El detalle se muestra en el contexto como se aprecia en la Figura 8. Aquí, una vez levantados los ladrillos de la pared (11), se aplica un revoque grueso de 20 mm de espesor (10), compuesto por una mezcla de cemento, arena, y agua. Esta capa proporciona una superficie uniforme y protege los ladrillos de la intemperie. Sobre el revoque grueso, se coloca el revoque fino o enlucido de 3 mm (9), con una mezcla más fina de cemento, arena, agua y cal para obtener una superficie lisa para recibir la pintura. Se aplica una capa de pintura base y, una vez seca, se superpone la otra para el acabado final (8).

Para ejecutar el cielorraso se instalan perfiles metálicos para el armazón estructural (1) como soporte de las planchas de yeso laminado que se fijan a estos perfiles (2). Para la fijar las planchas de yeso se utilizan tornillos y anclajes específicos a fin de garantizar firmeza y estabilidad (3). Como remate se aplica un revoque fino o enlucido de 3 mm de espesor (12), asegurando una superficie lisa y lista para la pintura.

Este caso involucra una reja-ventana (5) y la cual se monta en un vano utilizando una pieza metálica para fijar el elemento en su posición (4). Sobre este vano se coloca un dintel metálico o de concreto armado que proporciona soporte estructural a la parte superior de la abertura de la ventana (7).

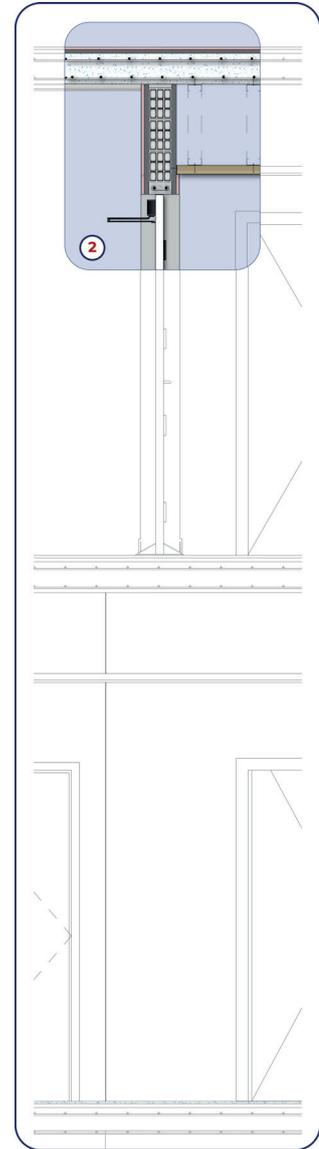
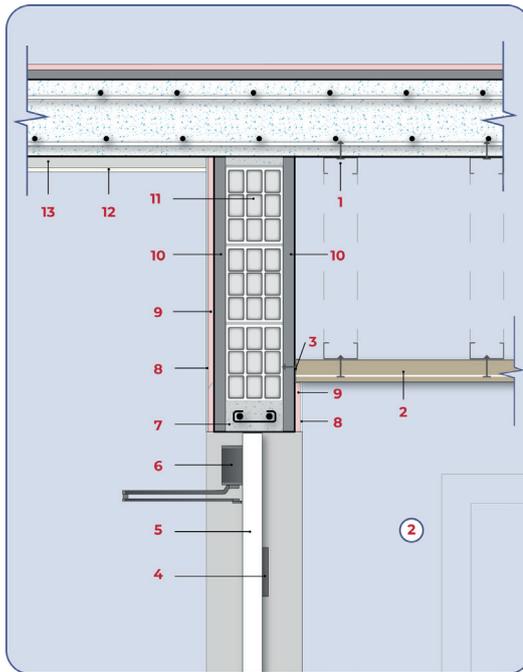
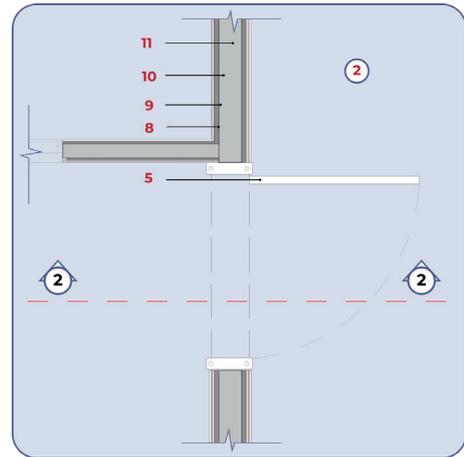


FIGURA 7. Caso 2

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.



- (1) Armazón estructural y elementos de suspensión (perfil metálico).
- (2) Cielorraso de gypsum: lámina yeso, Cinta, masilla, pintura.
- (3) Elementos de fijación.
- (4) Placa metálica de fijación marco reja.
- (5) Reja-puerta metálica.
- (6) Brazo neumático.



- (7) Dintel.
- (8) Pintura base / Pintura de acabado final de pared.
- (9) Revoque fino o enlucido 3 mm de pared.
- (10) Revoque grueso o revoque 20 cm. de pared.
- (11) Ladrillo de arcilla 6 huecos 15 x 19 x 24 cm.
- (12) Revoque fino o enlucido 3 mm de techo/ Pintura.
- (13) Mortero de nivelación y sellador.

FIGURA 8. Detalle constructivo planta y sección, Caso 2.

CONJUNTOS FUNCIONALES Y PRIORIDADES

Los requisitos de funcionalidad de los elementos del Caso 2, se definen con las prioridades de la pared, techo y la lámina de gypsum del cielorraso como se muestra en la Figura 8.

Del mismo modo que para el Caso 1 se presenta a continuación los conjuntos constructivos para la organización de los grupos de elementos en el modelo y las prioridades de modelado.

FUNCIONALIDAD CONSTRUCTIVA.

La planificación del modelado de los elementos del Caso 2, al igual que para el Caso 1, requiere de la organización de estos en grupos de funcionalidad constructiva. Entonces, en este caso los elementos están en los siguientes grupos funcionales (Tabla 6) :

- Cerramientos: se refiere a elementos como la pared de ladrillo de arcilla (11).

- Acabados:

Revestimientos: son capas aplicadas sobre superficies de paredes y techo. Aquí comprenden: revoque grueso de pared (2 cm) (10) y revoque fino o enlucido de pared (2 mm) (9), mortero de nivelación y sellador en techo (13)

Acabados finales: son los tratamientos aplicados, en este caso a las superficies de pared y techos como pintura en la pared y techos (8,12).

Acabados de Techo: este grupo incluye elementos

como falsos techos y molduras que tienen atribuciones estéticas y funcionales. Esta última, cuando ocultan instalaciones o mejoran la acústica y el aislamiento térmico. En este caso se modela un cielorraso de gypsum con revestimiento de masilla y acabado final de pintura. (2)

- Carpintería y herrajes: los elementos de madera y metal que permiten la accesibilidad, seguridad y funcionalidad de los espacios interiores y exteriores (puertas, ventanas, cerraduras y herrajes). En el detalle se aprecian planchas de fijación y bisagras (4), puerta-reja de metal (5) y el brazo neumático (6).

PRIORIDADES

Para el modelado BIM las prioridades, de caso que se resumen en la Tabla 7 y gráficamente en la Figura 9, la pared de ladrillo establece la base de relación entre sus capas y las que interactúan con ella (P1). Los ladrillos se modelan con su espesor en una capa de núcleo. En el grupo de acabados de pared está el revoque grueso de 20 mm (P2) y sobre este el revoque fino o enlucido de 3 mm. Las capas de pintura base y de acabado final son revestimientos, que tienen jerarquía P3. La armazón estructural y elementos de suspensión (perfil metálico) son una categoría de componentes y se ubican en el modelo como piezas con sus parámetros de posición, geometría, materiales y función estructural. Las planchas de yeso se modelan fijas a los perfiles metálicos y formando las superficies

del techo (P1). Las capas de núcleo y acabados de esta interactúan con el acabado de pared que se ejecutan en segunda instancia. Los elementos de fijación, tornillos y anclajes, también se modelan como componentes.

El dintel (7) sobre la abertura de la puerta se modela como una geometría insertada en la pared de

ladrillo y con las mismas prioridades.

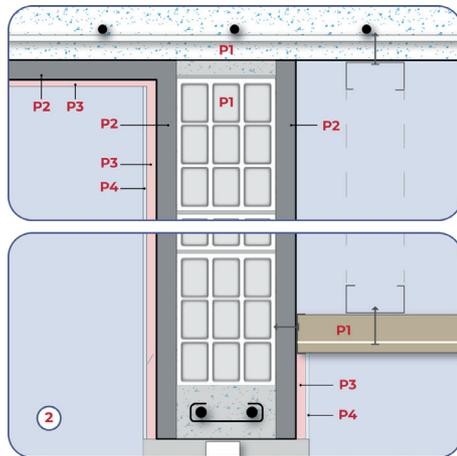


FIGURA 9. Prioridades , Caso 2.

TABLA 7. Prioridades de modelado, Caso 2

ELEMENTO	VALOR P
PARED + ACABADOS	
Capa de aire o núcleo	1
Capa lado exterior núcleo	2
Capa lado interior núcleo	2
Capa lado exterior	3
Capa lado interior	3
Capa lado exterior terminado	4
Capa lado interior terminado	4
TECHO + ACABADOS	
Capa núcleo	1
Capa inferior	2
Capa inferior terminado	3
CIELORRASO + ACABADOS	
Capa de aire o núcleo	P1
Capa lado exterior del núcleo	P2
Capa lado exterior terminado	P4

2.3 Caso 3: tabique – acabados – puerta.

El caso 3, Figura 10, muestra el contexto de modelado de los elementos formado por el grupo de un tabique de gypsum (4) acabado (5), una puerta en el tabique (6,7), un recubrimiento de pintura para una viga estructural de hormigón armado (10) y el acabado inferior de una losa maciza de hormigón armado (11,12), que implican varias definiciones de prioridad.

Para la construcción de un tabique de gypsum se requiere una estructura metálica de perfiles de acero galvanizado (9), fijada al suelo, techo y paredes. A dicha estructura se atornillan las placas de gypsum y las juntas se rellenan con masilla y se cubren con cinta de papel. Finalmente, la pared se pinta en varias capas. La puerta empotrada en el tabique se coloca dentro de un marco de madera que se fija con tornillos a los montantes de la estructura de perfiles.

El recubrimiento de pintura para una viga y losa maciza de hormigón armado requiere de un mortero de nivelación si existen irregularidades, una imprimación específica para superficies de hormigón y luego se aplican varias capas de pintura, normalmente pintura epóxica o poliuretánica, que ofrecen alta resistencia y durabilidad.

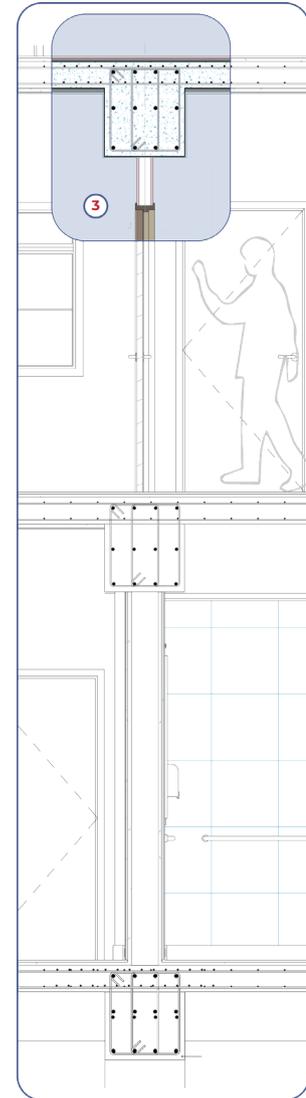
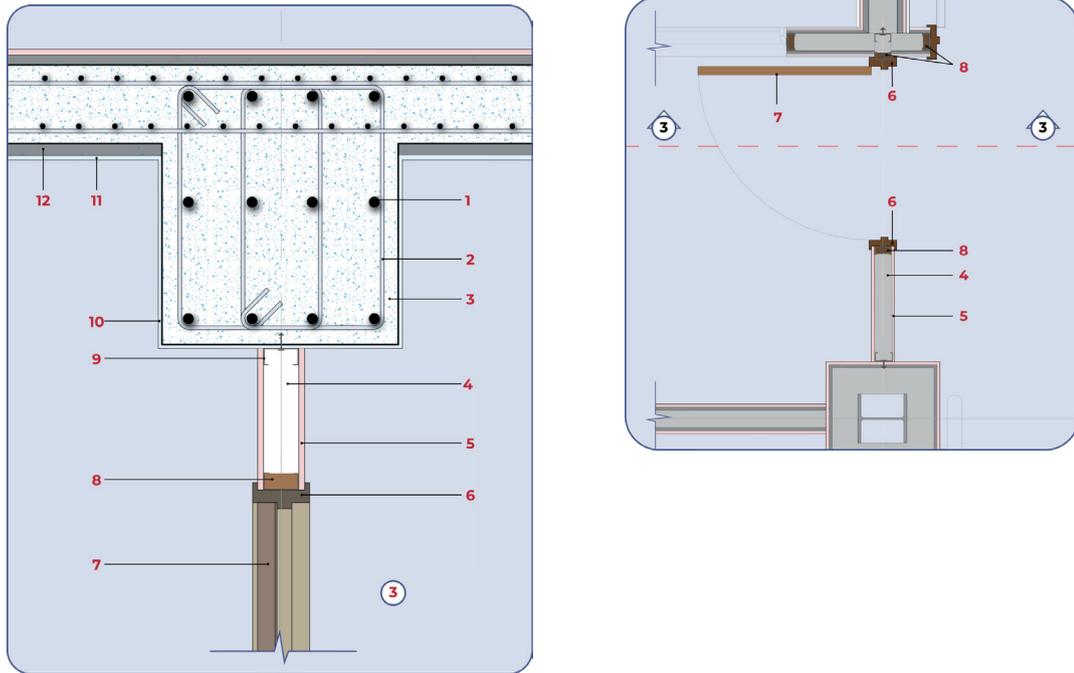


FIGURA 10. Caso 3

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.



- (1) Acero de refuerzo de la viga.
- (2) Estribo.
- (3) Viga de hormigón armado.
- (4) Tabique: perfiles de acero galvanizado, elementos de fijación y panel de gypsum.
- (5) Masilla, cinta, pintura.
- (6) Marco de la puerta.
- (7) Panel de la puerta.
- (8) Taco de fijación.
- (9) Perfil de acero galvanizado.
- (10) Revoque fino con mortero de nivelación y pintura epóxica.
- (11) Revoque fino o enlucido.
- (12) Revoque grueso o estuco.

FIGURA 11. Detalle constructivo planta y sección, Caso 3.

CONJUNTOS FUNCIONALES Y PRIORIDADES

Los requisitos de funcionalidad de los elementos arquitectónicos del Caso 3, comprenden el Tabique de gypsum, acabado de la viga y el acabado de techo, como se muestra en la Figura 10.

Del mismo modo que para el Caso 1 y 2 en este caso se muestran los conjuntos constructivos para disponer los grupos de elementos de modelado según su funcionalidad, así como también las prioridades.

FUNCIONALIDAD CONSTRUCTIVA.

Como en los dos casos anteriores, antes de modelado se planean los conjuntos constructivos para estructuración de los elementos. A tal efecto, este caso contiene los siguientes grupos funcionales de los elementos mostrados en la Figura 11 y Tabla 8:

- Estructura: en este grupo y para el caso se hace referencia a una losa maciza (s/n) y vigas de hormigón armado (3), varilla de refuerzo longitudinal (1), estribos (2) y la malla armada (s/n).

- Divisiones internas: estas incluyen tabiques, particiones y mamparas. Son elementos que crean espacios con materiales como yeso, ladrillo y vidrio, según las necesidades acústicas, térmicas o estéticas. El Caso 3 incluye un tabique de gypsum (4) con estructura de acero galvanizado y paneles de yeso.

Acabados:

- Revestimientos: las capas aplicadas sobre las su-

perficie de los elementos indicados en este caso son viga y techo para nivelar la superficie del hormigón crudo proporcionar durabilidad al acabado final. En el techo el revoque grueso de mortero (2 cm) (2) y en la viga un mortero de nivelación para corregir las irregularidades del hormigón.

- Acabados finales: son los tratamientos aplicados a superficies del tabique, viga y techo. Para ello se usa pintura, en todos los casos (5, 10, 11).

PRIORIDADES

En el caso 3, Figura 12, los requisitos de funcionalidad están definidos por la prioridades entre la estructura metálica y acabados del tabique de gypsum y el acabado de la viga (Tabla 7). También, quedan establecidos en el revoque fino de la viga y el acabado inferior de la losa maciza o techo.

Comúnmente, el tabique de gypsum se modela con un sistema de capas definidas como núcleo, la estructura metálica y los paneles de yeso. Así mismo están los elementos de fijación: tornillos y anclajes, y las placas de gypsum, que se atornillan a los perfiles metálicos con tornillos autoperforantes. El acabado de la placa de gypsum sería la capa más externa priorizada por el acabado de la viga de hormigón P1 al igual que el tabique.

El lado inferior de la losa maciza de hormigón interactúa con la viga a través de sus capas de revoque grueso que llega hasta la cara de la viga P1 y el acabado final de este P3 con el de la viga P1.

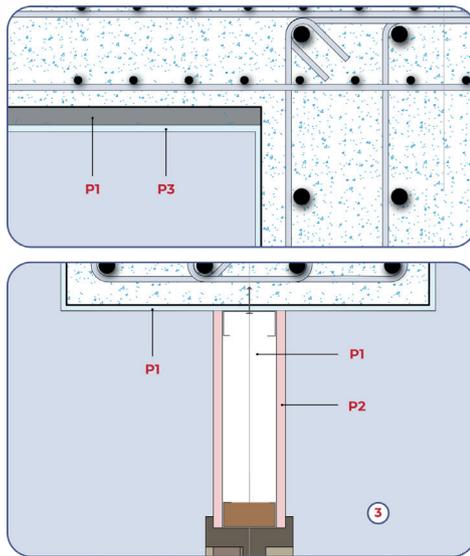


FIGURA 12. Prioridades , Caso 3.

TABLA 8. Prioridades de modelado, Caso 3

ELEMENTO	VALOR P
TABIQUE + ACABADOS	
Capa de aire o núcleo	1
Capa lado exterior del núcleo	1
Capa lado interior	2
Capa lado exterior	2
Capa lado interior	2
Capa lado exterior terminado	2
Capa lado interior terminado	2
ACABADOS VIGA	
Capa superior	1
Capa inferior	1
ACABADO TECHO	
Capa superior	1
Capa inferior	3

2.4 Caso 4: pared – cielorraso – tabique – piso.

El caso 4, Figura 13, el proceso constructivo de una pared de bloque con revoque grueso y fino y acabado de pintura, cielorraso y tabique de gypsum, y piso arquitectónico de porcelanato implica varias etapas técnicas. Al núcleo de la pared de bloque (8) la recubre un revoque grueso (9), compuesto generalmente por una mezcla de cemento, arena y agua, y a este uno fino con la misma mezcla, pero con una proporción mayor de arena fina. Tras el secado del revoque, se procede a la aplicación de una capa de pasta y se pinta la pared con varias capas para asegurar una cobertura uniforme .

Para el cielorraso y tabique gypsum se procede de manera similar, se instalan primero las estructuras metálicas (3) que conforman el soporte, fijadas al techo o piso y techo. Sobre estas estructuras se colocan las planchas de gypsum, atornilladas y unidas entre sí mediante cintas y masillas específicas (1,2).

Finalmente, para el piso arquitectónico de porcelanato, se prepara la base nivelándola y aplicando una capa de mortero (15). Sobre esta base se colocan las piezas de porcelanato, alineándolas y espaciándolas adecuadamente, para luego rellenar las juntas con lechada, logrando un acabado estético y duradero (16).

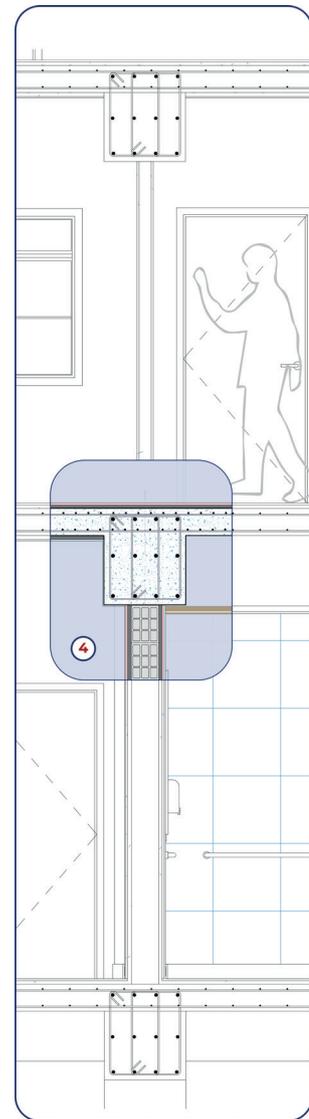
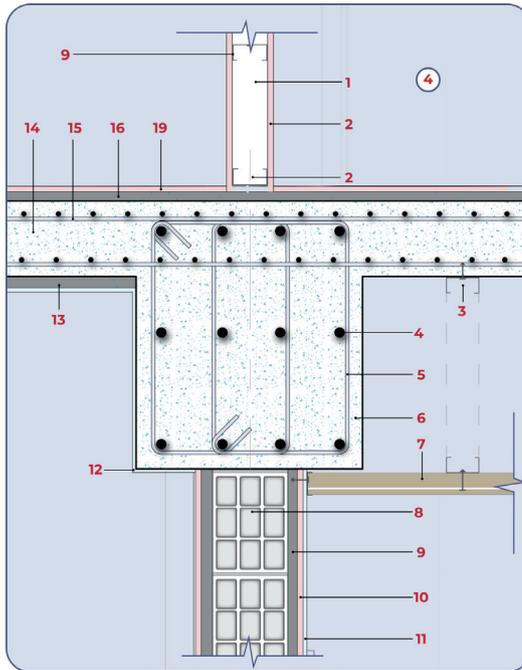
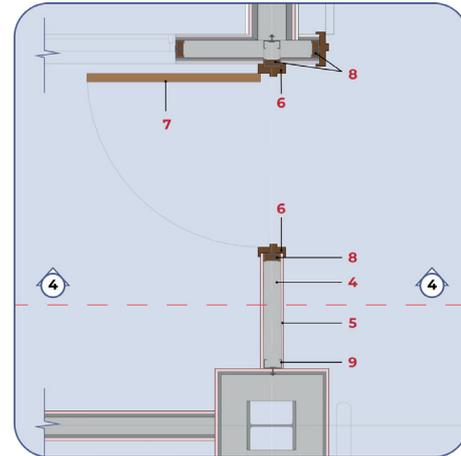


FIGURA 13. Caso 4.

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.



- (1) Plancha de yeso laminado (gypsum).
- (2) Cinta, masilla, pintura.
- (3) Armazón estructural (perfil metálico), elementos de fijación.
- (4) Acero de refuerzo.
- (5) Estribos.
- (6) Hormigón viga.
- (7) Cielorraso de gypsum: lámina yeso, Cinta,



masilla, pintura.

- (8) Ladrillo de arcilla 6 huecos 15 x 19 x 24 cm.
- (9) Revoque grueso o estuco.
- (10) Mortero.
- (11) Cerámica.
- (12) Revoque fino con mortero de nivelación y pintura epóxica.
- (13) Revoque grueso o estuco.
- (14) Hormigón losa maciza.
- (15) Contrapiso (mortero autonivelante), mortero.
- (16) Acabado Final de piso porcelanato de 45 x 45 cm.

FIGURA 14. Detalle constructivo planta y sección, Caso 4.

CONJUNTOS FUNCIONALES Y PRIORIDADES

Los requisitos de funcionalidad del caso 4 se muestran en la Figura 14, y se definen por las interacciones de 2 grupos de elementos: la pared de bloque, el cielorraso y el acabado de la viga, y por otro lado están el acabado de piso y de techo, el tabique de gypsum y el anclaje del tabique a la losa de piso. Estos pertenecen a distintos grupos constructivos que se muestran en la Tabla 5 y se explican a continuación.

FUNCIONALIDAD CONSTRUCTIVA.

Los elementos del Caso 4, al igual que para los casos anteriores, se organizan en grupos de funcionalidad constructiva. Entonces, en este caso, como se muestra en la Figura 14 los elementos están en los siguientes grupos funcionales :

- Cerramientos: en este caso incluye a la pared de ladrillos de arcilla (8).

- Divisiones interiores: comprende el tabique de gypsum con estructura de perfiles de acero galvanizado (2) y paneles de yeso (1)

- Acabados:

Revestimientos: son capas aplicadas sobre superficies de paredes, piso y techo. Comprenden: revoque grueso de pared (2 cm) (9) , mortero de pared (2 mm) (9), mortero de nivelación y sellador en techo (13) y mortero autonivelante de piso (16).

Acabados finales: son los tratamientos aplicados,

en este caso, a las superficies de pared, piso y techos como pintura (2,12). Cerámica (11).

Acabados de Techo: en este grupo esta el cielorraso de gypsum suspendido con perfiles de acero (3) , elementos de anclaje, y revestimiento de masilla con acabado final de pintura. (7)

PRIORIDADES

Las prioridades de estas interacciones se representan en la Figura 15 y Tabla 9. Con el núcleo de la pared de ladrillo (P1) se inicia el orden de la relación en el modelado. Las capas de revestimiento y las otras capas de los elementos conectados están en diferentes jerarquías. El acabado de pared con la capa del revoque grueso de 3.0 cm (P2) y el acabado de cerámica 2.0 cm (P4) reposa el panel de gypsum (P1) y su acabado. La parte superior de este, hace contacto con el acabado de la cara inferior de la viga (P3), teniendo estos distinta prioridad. Las capas de pintura base y de acabado final en la viga son revestimientos y tienen la misma jerarquía (P3).

Para el piso arquitectónico de porcelanato (P3) se prepara la base con una capa de mortero autonivelante (P2). La estructura metálica del tabique (P1) se instala sobre esta capa del acabado de piso (P2), la que será recubierta con las planchas de gypsum y posteriormente masilladas. Luego de esto se coloca el acabado de porcelanato (P3), y finalmente la pintura como terminación del tabique (P2).

TABLA 9. Prioridades de modelado, Caso 4

ELEMENTO	VALOR P
PARED + ACABADOS	
Capa de aire o núcleo	1
Capa lado exterior del núcleo	2
Capa lado interior del núcleo	2
Capa lado exterior	3
Capa lado interior	3
Capa lado exterior terminado	4
Capa lado interior terminado	4

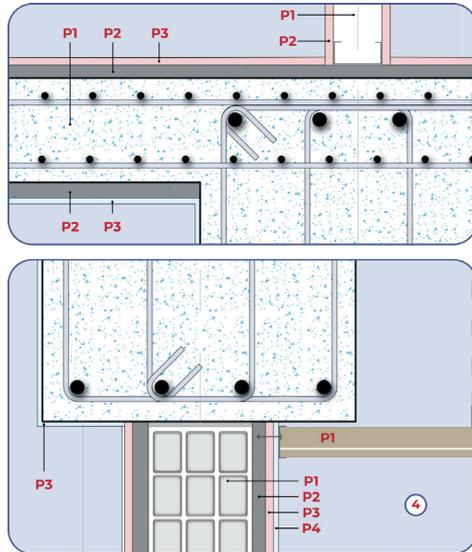


FIGURA 15. Prioridades de modelado, Caso 4

ELEMENTO	VALOR P
ACABADO VIGA	
Capa exterior	3
Capa exterior terminado	3
PISO	
Capa núcleo	1
Capa superior	2
Capa superior Terminado	3
TABIQUE	
Capa de aire o núcleo	1
Capa lado exterior del núcleo	2
Capa lado interior	2
Capa lado exterior	2
Capa lado exterior terminado	2
Capa lado interior terminado	2
TECHO + ACABADOS	
Capa núcleo	1
Capa inferior	2
Capa inferior terminado	3
CIELORRASO	
Capa de aire o núcleo	1
Capa inferior del núcleo	1
Capa inferior terminado	1

2.5 PARÁMETROS DE LOS ELEMENTOS

En el contexto de la metodología BIM, como se ha indicado, los parámetros de modelado son características específicas que definen y detallan los elementos constructivos dentro de un modelo digital, permitiendo la gestión precisa de la información desde la fase de diseño hasta la de construcción y operación y mantenimiento de un edificio.

INTRODUCCIÓN A LOS PARÁMETROS.

Los parámetros de modelado son estructuras de información que representan un atributo o característica, que describe un elemento dentro del modelo digital de un edificio. Estos parámetros pueden ser tanto gráficos como no gráficos, y son utilizados para definir, controlar y manipular la información de los componentes en el modelo. Estos pueden categorizarse en tres grandes grupos: parámetros geométricos, parámetros de información y parámetros de rendimiento.

Los **parámetros geométricos** son aquellos que definen la forma y tamaño de los elementos archi-

tectónicos. Incluyen dimensiones como altura, ancho, profundidad y detalles más específicos como el grosor de una pared o el diámetro de una columna. La precisión geométrica es esencial para la planificación 4D, ya que asegura que los elementos se ensamblen correctamente en cada fase del proyecto (Eastman et al., 2011). Para 5D, a su vez, permiten una estimación exacta de las cantidades y como consecuencia de los costos.

Los **parámetros de información** abarcan datos no gráficos asociados a los elementos arquitectónicos. Incluye información sobre materiales, especificaciones técnicas y datos de rendimiento. Estos parámetros son vitales para la integración 5D, ya que permiten la estimación precisa de costos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Los costos pueden calcularse automáticamente a partir de los datos de materiales y cantidades, mejorando la precisión del presupuesto (Sabol, 2008). La interoperabilidad de estos datos depende del uso de estándares abiertos como IFC (Industry Foundation Classes),

que facilita el intercambio de información entre diferentes software BIM.

Los **parámetros de rendimiento** son aquellos que describen cómo se espera que los elementos arquitectónicos funcionen una vez construidos. Esto incluye datos sobre eficiencia energética, resistencia estructural, y otros indicadores de rendimiento (Tabla 17). En el contexto de 4D y 5D, los parámetros de rendimiento permiten prever problemas potenciales y optimizar tanto el cronograma como los costos del proyecto (Hardin & McCool, 2020).

Categoría y Tipo

La categoría se refiere a la clasificación general de los elementos dentro del modelo BIM, como muros, puertas, ventanas, entre otros. Cada categoría tiene su conjunto específico de parámetros y características. El tipo, por otro lado, especifica la subcategoría dentro de la categoría general, como muros cortina o muros de carga (BIM Forum, 2020).

Dimensiones

Las dimensiones son precisiones geométricas del modelo. El largo y el alto se refieren a las dimensiones lineales de los elementos. El espesor, en cambio, es la medida de la sección interna del elemento, como capas de núcleo de pared o piso. Los espesores de capa del lado exterior y lado interior indican las dimensiones de revestimientos y acabados a la capa de núcleo. El espesor total es la su-

ma de todas las capas del elemento, proporcionando una medida completa del grosor del componente (ISO 19650, 2018).

Área y Perímetro

El área de la superficie es un parámetro que permite el cálculo de materiales y costos. Este parámetro mide la superficie expuesta del componente, útil para la planificación de acabados y revestimientos. Ahora, el perímetro de la capa se refiere a la longitud del contorno de cada capa del elemento, es el caso de los elementos compuestos por varios materiales (Chilean BIM Standards, 2020).

Coordenadas Espaciales y Orientación

Las coordenadas espaciales refieren la ubicación de los elementos dentro del modelo 3D. Estas coordenadas definen la posición exacta de un componente en el espacio, asegurando que cada parte del modelo se alinee correctamente con las demás. Por otro lado, la orientación relaciona al componente geográficamente, la orientación ubica al componente respecto a sus coordenadas de lugar.

Materiales y Clasificación

Los materiales especifican de qué está hecho cada elemento, desde concreto hasta madera o vidrio. Esta información es vital para cálculos estructurales y de sostenibilidad. El sistema de clasificación organiza los elementos de acuerdo a normas específicas, facilitando la gestión y el intercambio de

información. Por ejemplo, el uso de códigos de clasificación como OmniClass o Uniclass (BIM Forum, 2020).

Código y Tipo de Entidad IFC

El código de entidad IFC y el tipo de entidad IFC son identificadores utilizados para estandarizar los elementos dentro del modelo BIM, según el esquema de BuildingSMART. Estos códigos aseguran la interoperabilidad entre diferentes software y plataformas, permitiendo un intercambio de información fluido y coherente (BuildingSMART, 2013).

Función Estructural

La función estructural indica si un elemento es portante o no portante, lo cual es crítico para el diseño y análisis estructural. Elementos como vigas y columnas tienen funciones estructurales específicas, que deben ser claramente definidas en términos de la integridad del edificio.

En resumen, los parámetros de modelado BIM proporcionan una estructura detallada y precisa de los elementos de un proyecto de construcción. La correcta especificación y gestión de estos parámetros asegura la precisión, eficiencia y coherencia del modelo BIM, facilitando así la planificación, diseño, construcción y mantenimiento del edificio.

A continuación se describen varios parámetros fundamentales para el modelado de elementos constructivos, detallados en cada uno de los casos de este capítulo y con énfasis en los elementos ar-

quitectónicos de pared (Tabla 10), zócalo o barrendera (Tabla 11), piso arquitectónico (Tabla 12), cielorraso (Tabla 13), acabado arquitectónico de techo (Tabla 14), acabado viga de hormigón (Tabla 15) y tabique (Tabla 16); y siguiendo normas y estándares vigentes.

TABLA 10. Parámetros de la pared.

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	VALOR
PARED + ACABADOS		LOD 350
Categoría	Función principal o uso dentro del proyecto	Pared interior
Tipo	Características del elemento en su categoría	Ladrillo arcilla-15cm-enlucido-cerámica
Largo pared	Longitud	3.00 m
Alto de pared	Altura	2.40 m
Espesor de capa de aire o núcleo	Distancia entre las 2 cara principales del núcleo estructural.	15 cm
Espesor de capa lado exterior	Distancia entre las 2 caras principales	20 + 3 mm (2.3cm)
Espesor de capa lado interior	Distancia entre las 2 caras principales	20 + 25 mm (4.5cm)
Espesor Total	Distancia entre la primera y última cara	19.53 cm
Área de la superficie	Área	7.20 m ²
Perímetro de la capa	Para cálculo de volumen	AREA x ESPESOR (m ³)
Coordenadas espaciales y orientación	Localización precisa en el proyecto	X, Y, Z, "rumbo"
Materiales	Información específica del material (parámetros de rendimiento, Tabla 17)	Ladrillo de arcilla, revoque, enlucido, pintura, cerámica
Sistema de clasificación	Código Omniclass por elemento	21-02-30-12
Código de entidad IFC	IfcWall	Pared general.
Código de entidad IFC	IfcCovering	Revestimiento pared
Tipo de entidad IFC	COATING /FINISHING	Acabado: Pintura/cerámica
Función estructural	Estructural o no estructural	Pared no estructural

TABLA 11. Parámetros de zócalo o barredera .

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	VALOR
ZÓCALO O BARREDERA		LOD 350
Categoría	Función principal o uso dentro del proyecto	Pared interior
Tipo	Características del elemento en su categoría	Zócalo MDF
Largo zócalo	Longitud	3.00 m
Alto de zócalo	Altura de la sección	80 mm
Espesor	Espesor sección transversal	10 mm
Coordenadas espaciales y orientación	Localización precisa en el proyecto	X, Y, Z, “rumbo”
Materiales	Información específica del material (parámetros de rendimiento, Tabla 17)	MDF
Sistema de clasificación	Código Omniclass por elemento	23-21 19 00.
Código de entidad IFC	IfcCovering	Revestimiento pared
Tipo de entidad IFC	'BASEBOARD'	barredera
Función estructural	Estructural o no estructural	No estructural

TABLA 12. Parámetros del piso arquitectónico.

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	VALOR
LOSA + ACABADOS DE PISO		LOD 350
Categoría	Función principal o uso dentro del proyecto	Piso interior
Tipo	Características del elemento en su categoría	Mortero 20mm- Porcelanato 10mm
Largo piso	Longitud	2.20 m
Ancho piso	Altura	2.20 m
Espesor de capa del núcleo	Distancia entre las 2 cara principales.	20 cm
Espesor de capa superior	Distancia entre las 2 caras principales	20mm
Espesor Total	Distancia entre la primera y última cara	22 cm
Área de la superficie	Área	4.84 m ²
Perímetro de la capa	Para cálculo de volumen	AREA x ESPESOR (m ³)
Coordenadas espaciales y orientación	Localización precisa en el proyecto	X, Y, Z, "rumbo"
Materiales	Información específica del material (parámetros de rendimiento, Tabla 17)	Mortero, Porcelanato
Sistema de clasificación	Código Omniclass por elemento	23-15 17 00
Código de entidad IFC	IfcSlab	Losa o elemento de suelo
Código de entidad IFC	IfcCovering	Acabado de piso
Tipo de entidad IFC	FLOORING	Porcelanato
Función estructural	Estructural o no estructural	Piso no estructural

TABLA 13. Parámetros del Cielorraso.

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	VALOR
CIELORRASO + ACABADOS		LOD 350
Categoría	Función principal o uso dentro del proyecto	Cielorraso
Tipo	Características del elemento en su categoría	Cielorraso -gypsum9.5mm -pintura
Espesor de capa de aire o núcleo	Distancia entre las 2 cara principales del núcleo estructural.	10 mm
Espesor de capa lado superior	Distancia entre las 2 caras principales	0 mm
Espesor de capa lado inferior	Distancia entre las 2 caras principales	1.5 mm
Espesor Total	Espesor sección transversal	10.015 cm
Área dela superficie	Área	4.84 m ²
Coordenadas espaciales y orientación	Localización precisa en el proyecto	X, Y, Z, "rumbo"
Materiales	Información específica del material (parámetros de rendimiento, Tabla 16)	Lámina de yeso
Sistema de clasificación	Código omniclass por elemento	09-30-13.13
Perímetro de la capa	Para cálculo de volumen	AREA x ESPESOR (m ³)
Coordenadas espaciales y orientación	Localización precisa en el proyecto	X, Y, Z, "rumbo"
Materiales	Información específica del material (parámetros de rendimiento, Tabla 17)	Cinta, masilla, pintura.
Sistema de clasificación	Código Omniclass por elemento	23-15 19 23
Código de entidad IFC	lfcCovering	Acabado de techo
Tipo de entidad IFC	CEILING	Gypsum + pintura
Función estructural	Estructural o no estructural	no estructural

TABLA 14. Parámetros del acabado arquitectónico de techo (entrepiso) .

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	VALOR
Techo acabado arquitectónico + ACABADOS		LOD350
Losa entrepiso	Función principal o uso dentro del proyecto	Piso interior
Tipo	Características del elemento en su categoría	Losa Maciza 20cm-Mortero 20mm-pintura
Largo piso	Longitud	2.20 m
Ancho piso	Altura	2.20 m
Espesor de capa superior	Distancia entre 2 caras principales	20 mm
Espesor de capa inferior	Distancia entre 2 caras principales	1.5 +1.5 mm
Espesor Total	Distancia entre la primera y última cara	23 mm
Área dela superficie	Área	4.84 m ²
Perímetro de la capa	Para cálculo de volumen	AREA x ESPESOR (m ³)
Coordenadas espaciales y orientación	Localización precisa en el proyecto	X, Y, Z, "rumbo"
Materiales	Información específica del material (parámetros de rendimiento, Tabla 17)	Enlucido, pintura.
Sistema de clasificación	Código Omniclass por elemento	22-03 21 19
Código de entidad IFC	lfcCovering	Acabado de techo
Tipo de entidad IFC	CEILING	Pintura
Función estructural	Estructural o no estructural	Piso no estructural

TABLA 15. Parámetros del acabado de viga de hormigón.

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	VALOR
ACABADO VIGA		LOD 350
Categoría	Función principal o uso dentro del proyecto	Pared interior
Tipo	Características del elemento en su categoría	Ladrillo arcilla-15cm-enlucido-cerámica
Largo viga	Longitud	3.00 m
Alto de viga	Altura	0.70 m
Espesor de capa lado exterior	Distancia entre 2 caras principales	0.4 mm
Espesor de capa lado interior	Distancia entre 2 caras principales	3 mm
Espesor Total	Distancia entre la primera y última cara	3.4 mm
Área dela superficie	Área	2.10 m ²
Perímetro de la capa	Para cálculo de volumen	AREA x ESPESOR (m ³)
Coordenadas espaciales y orientación	Localización precisa en el proyecto	X, Y, Z, "rumbo"
Materiales	Información específica del material (parámetros de rendimiento, Tabla 17)	revoque, pintura.
Sistema de clasificación	Código omniclass por elemento	22-35 00 00
Código de entidad IFC	ifcCovering	Acabado de viga
Tipo de entidad IFC	COATING	Pintura
Función estructural	Estructural o no estructural	no estructural

TABLA 16. Parámetros del tabique.

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	VALOR
TABIQUE + ACABADOS		LOD 350
Categoría	Función principal o uso dentro del proyecto	Pared interior
Tipo	Características del elemento en su categoría	Estructura-10cm-masilla-pintura
Largo pared	Longitud	3.00 m
Alto de pared	Altura	2.40 m
Espesor de capa de aire o núcleo	Distancia entre 2 cara principales del núcleo estructural.	10 cm
Espesor de capa lado exterior	Distancia entre 2 caras principales	0.5 mm
Espesor de capa lado interior	Distancia entre 2 caras principales	0.5 mm
Espesor Total	Distancia entre la primera y última cara	11.5 cm
Área dela superficie	Área	7.20 m ²
Perímetro de la capa	Para cálculo de volumen	AREA x ESPESOR (m ³)
Coordenadas espaciales y orientación	Localización precisa en el proyecto	X, Y, Z, "rumbo"
Materiales	Información específica del material (parámetros de rendimiento, Tabla 17)	Perfil metálico de acero galvanizado, panel de yeso, masilla, cinta, pintura.
Sistema de clasificación	Código omniclass por elemento	23-15 11 11 11
Código de entidad IFC	IfcWall	Pared general
Código de entidad IFC	PARTITIONING	Tabique
Tipo de entidad IFC	IfcCovering	Pintura
Función estructural	Estructural o no estructural	Pared no estructural

TABLA 17. Parámetros de rendimiento de los materiales.

Material	Propiedades Físicas	Propiedades Mecánicas
Bloque de arcilla hueco	Densidad: 800-1000 kg/m ³ - Absorción de agua: 15-20% - Conductividad térmica: 0.3-0.4 W/m-K	Resistencia a compresión: 3.5-7 MPa
Cinta	Ancho: 50 mm - Longitud: 90-150 m - Ma-	Resistencia a tracción: 200-300
Enlucido	Densidad: 1200-1600 kg/m ³ - Conductividad térmica: 0.5-0.7 W/m-K	Resistencia a compresión: 3-5 MPa
Estuco	Densidad: 1200-1600 kg/m ³ - Conductividad térmica: 0.5-0.7 W/m-K	Resistencia a compresión: 6-10 MPa - Adherencia: 0.5-1 MPa
Masilla	Densidad: 1600-1800 kg/m ³ - Contenido de sólidos: 65-70%	Resistencia a tracción: 0.5-1 MPa - Adherencia: 0.3-0.6 MPa
MDF (tablero de fibra de densidad media)	Densidad: 600-800 kg/m ³ - Absorción de agua: 5-10% - Conductividad térmica: 0.1-0.2 W/m-K	Resistencia a flexión: 20-30 MPa - Módulo de elasticidad: 2500-3500 MPa
Mortero	Densidad: 1800-2100 kg/m ³ - Conductividad térmica: 0.8-1.2 W/m-K	Resistencia a compresión: 10-20 MPa
Mortero autonivelante	Densidad: 1900-2100 kg/m ³ - Tiempo de	Resistencia a compresión: 20-30
Panel de yeso	Densidad: 600-900 kg/m ³ - Conductividad térmica: 0.2-0.3 W/m-K	Resistencia a flexión: 5-7 MPa - Resistencia al impacto: 3-4 J
Perfil metálico de acero galvanizado	Densidad: 7850 kg/m ³ - Espesor: 0.5-2 mm - Revestimiento de zinc: 200-300 g/m ²	Resistencia a tracción: 250-450 MPa - Límite elástico: 210-350 MPa
Pintura	Densidad: 1200-1500 kg/m ³ - Contenido de sólidos: 50-60% - Brillo: 5-90% (según tipo)	Adherencia: 1-2 MPa - Resistencia a la abrasión: 50-100 ciclos
Porcelanato	Densidad: 2200-2400 kg/m ³ - Absorción de agua: <0.5% - Conductividad térmica: 1.5-2 W/m-K	Resistencia a compresión: 30-50 MPa - Resistencia a la flexión: 5-7 MPa
Revoque	Densidad: 1600-1900 kg/m ³ - Conductividad térmica: 0.7-0.9 W/m-K	Resistencia a compresión: 5-10 MPa

Nota. En esta Tabla se indica información referencial. sobre propiedades físicas y mecánicas.

LOD 350—PARED (BIM FORUM)

Geometría Detallada:

La geometría de la pared es precisa y específica, incluyendo detalles como el espesor exacto de los materiales y las capas que la componen (por ejemplo, aislamiento, barreras de vapor, acabados interiores y exteriores).

Incluye representaciones precisas de los cortes y conexiones con otros elementos del edificio, como techos, pisos y otras paredes.

Detalles Constructivos:

Incorpora todos los detalles necesarios para la construcción, como los refuerzos, anclajes, conexiones estructurales y juntas de expansión.

Elementos adicionales como marcos de puertas y ventanas, molduras y terminaciones específicas también están modelados con precisión.

Información No Gráfica:

Contiene datos detallados sobre los materiales, incluyendo propiedades físicas y mecánicas, especificaciones del fabricante y cualquier otro dato relevante para la construcción.

Incluye información sobre el costo y el tiempo estimado para la instalación.

Interacciones con Otros Sistemas:

La pared modelada en LOD 350 muestra cómo interactúa con otros sistemas del edificio, como las instalaciones eléctricas, de plomería y HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado).

Incluye detalles de los puntos de penetración y los pasos de los conductos y tuberías a través de la pared.

Análisis y Coordinación:

Permite realizar análisis detallados de constructibilidad y coordinación entre las diferentes disciplinas involucradas en el proyecto.

Facilita la detección de conflictos y la planificación detallada de la secuencia de construcción.

Representación en Documentos de Construcción:

La pared en LOD 350 es lo suficientemente detallada como para ser utilizada directamente en la elaboración de los documentos de construcción, como planos, secciones y detalles.

TIPS

LOD 350—LOSA (BIM FORUM)

Geometría Detallada:

La geometría de la losa o piso es precisa, con detalles específicos sobre el espesor exacto de los materiales y las capas que la componen (por ejemplo, capa de compresión, aislamiento, acabado superior). Incluye la forma exacta de la losa, con todos los cortes, inclinaciones y bordes representado con precisión.

Detalles Constructivos:

Modela todos los refuerzos necesarios, como varillas de acero, mallas de refuerzo y cualquier otro elemento estructural interno. Detalla las conexiones con otros elementos estructurales del edificio, como vigas, columnas y muros. Incluye juntas de dilatación y cualquier otro detalle constructivo relevante.

Información No Gráfica:

Contiene datos detallados sobre los materiales utilizados, incluyendo propiedades físicas y mecánicas, especificaciones del fabricante y cualquier otra información relevante para la construcción. Incluye información sobre el costo y el tiempo estimado para la instalación.

Interacciones con Otros Sistemas:

La losa modelada en LOD 350 muestra cómo interactúa con otros sistemas del edificio, como instalaciones eléctricas, de plomería y HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado). Incluye detalles de las penetraciones y los pasos de los conductos y tuberías a través de la losa, así como las ubicaciones de los registros y otros accesorios.

Análisis y Coordinación:

Permite realizar análisis detallados de constructibilidad y coordinación entre las diferentes disciplinas involucradas en el proyecto. Facilita la detección de conflictos y la planificación detallada de la secuencia de construcción.

Representación en Documentos de Construcción:

La losa en LOD 350 es lo suficientemente detallada como para ser utilizada directamente en la elaboración de los documentos de construcción, como planos, secciones y detalles. Incluye detalles de acabado, tales como patrones de baldosas, juntas y tratamientos de superficie.

3

INTEGRACIÓN DEL MODELO Y LA COORDINACIÓN BIM

El proceso de coordinación en BIM implica la integración de modelos tridimensionales de todas las disciplinas involucradas en el proyecto, como arquitectura, estructura y sistemas MEP, en un modelo único para detectar y resolver los conflictos entre ellas antes de que estos se presenten en el sitio de construcción. Establecer normas y protocolos claros durante el proceso de creación del modelo único o federado, asegura la interoperabilidad en el proceso, así como la correcta visualización de cómo se desarrollará la construcción a lo largo del tiempo, a fin de optimizar los cronogramas y recursos.

Cuando un modelo arquitectónico cumple con una serie de condiciones técnicas y organizativas está preparado para la coordinación en un entorno BIM. La auditoría de los modelos, como hemos visto, es una revisión detallada que tiene como objetivo evaluar la calidad, precisión y conformidad del modelo en relación con los estándares y requisitos específicos del proyecto, la cual se utiliza para controlar el cumplimiento de dichas condiciones. Este proceso asegura que el modelo es válido y acorde con las expectativas de los diferentes actores involucrados, así como apto para su uso en todas las fases del proyecto, desde el diseño hasta la construcción y la operación.

Una coordinación efectiva depende de la jerarquización de los elementos en cada modelo disciplinar y su priorización en los análisis. Es así como las estructuras portantes principales y las interferencias críticas entre los elementos estructurales y los sistemas MEP de gran dimensión son de alta prioridad. Las divisiones o paredes interiores y las colisiones entre varios sistemas MEP son elementos de media prioridad. Finalmente, los elementos de baja prioridad son generalmente los más pequeños, como los acabados o colgadores de tuberías (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012).

3.1 Auditoría del modelo arquitectónico

AUDITORÍA DE UN MODELO BIM.

La auditoría es un proceso sistemático y detallado de revisión de un modelo para asegurar su calidad, precisión, conformidad con los estándares y con los requisitos específicos del proyecto para asegurar su capacidad de empleo en los distintos Usos BIM.

Para comprobar la calidad de un modelo BIM algunos softwares de modelado tienen sus propias rutinas chequeo, pero en general las listas de revisión están conformadas por categorías comúnmente relacionadas con la de integridad del modelo, el cumplimiento normativo, la consistencia de datos, la documentación y entregables, la coordinación disciplinaria o interdisciplinaria, las versiones y rendimiento del modelo.

A continuación se detallan algunas acciones de revisión según dichas categorías:

Integridad del Modelo

- Coherencia Geométrica: verificar que los elementos del modelo estén correctamente ubicados y alineados.

- Duplicidad de Elementos: identificar elementos duplicados que pueden causar conflictos en estimación de cantidades y costos, arrojando resultados erróneos.

- Interferencias y Colisiones: realizar una detección de colisiones entre las disciplinas para asegurar que no hayan incoherencias y problemas de tipo constructivo y funcional de los elementos del modelo.

Cumplimiento Normativo y Estándares

- Niveles y Rejillas: asegurar de que todos los niveles y rejillas estén correctamente definidos y ubicados en correspondencia con los elementos, disciplinas y estrategias de modelado.

- Nomenclatura y Clasificación: verificar que los elementos sigan la nomenclatura y clasificación

establecida por los estándares del proyecto (ISO 19650, 2018).

- Parámetros y Propiedades: Comprobar que los parámetros compartidos y los parámetros del proyecto están completos y correctamente asignados a las categorías de elementos del modelo.

Consistencia de Datos

- Completitud de Información: Verificar que todos los elementos contienen la información necesaria, como materiales y códigos de referencia (Eastman et al., 2011).

- Exactitud de Datos: Asegurarse de que los datos sean precisos y coincidan con los planos y especificaciones del proyecto (BIM Forum, 2023).

- Parámetros y Etiquetado: Confirmar que los elementos están etiquetados correctamente y que los parámetros obligatorios están llenos (ISO 19650, 2018).

Documentación y Entregables

- Vistas y Planos: Verificar que todas las vistas, secciones, elevaciones y planos estén correctamente configurados y organizados con plantillas de vista y navegador de proyecto.

- Cotas y Anotaciones: comprobar de que todas las cotas y anotaciones sean legibles y estén correctamente colocadas (PAS 1192, 2013).

- Formato y Presentación: revisar que el formato de los planos cumpla con los estándares gráficos y do-

documentales del proyecto y que la presentación sea coherente

Coordinación Interdisciplinaria

- Modelos Vinculados: Asegurarse de que los modelos vinculados (por ejemplo, MEP y estructuras) estén correctamente actualizados y coordinados (Eastman et al., 2011).

- Consistencia en la Información Interdisciplinaria: Verificar que la información sea consistente entre las diferentes disciplinas y que no haya conflictos de información (BIM Forum, 2023).

Revisiones y Versiones

- Control de Versiones: Mantener un registro de las versiones del modelo y asegurarse de que se está trabajando con la versión más reciente (ISO 19650, 2018).

- Revisiones y Comentarios: Integrar y dar seguimiento a las revisiones y comentarios realizados por los diferentes actores del proyecto (PAS 1192, 2013).

Rendimiento del Modelo

- Tamaño del Archivo: revisar que el tamaño del archivo para que el modelo sea manejable y no cause problemas de rendimiento.

- Uso de Familias y Componentes: Verificar el uso adecuado de familias y componentes para evitar elementos demasiado detallados que puedan afectar el rendimiento (Krygiel & Nies, 2008).

Configuración del Proyecto

- Información del proyecto: constatar los parámetros relacionados con los datos o ficha técnica del proyecto como nombre, cliente, número del proyecto y ubicación.
- Coordenadas del proyecto: confirmar la georreferenciación del proyecto.
- Versión del programa: evidenciar la versión del software utilizado.

- Elementos por fase del proyecto: revisar que existan fases del proyecto con elementos asignados.

Por último, la Tabla 18 muestra los errores más frecuentes reportados por diversas fuentes, y experiencias propias, de las auditorías de modelos arquitectónicos que consideran los elementos mencionados en los casos del capítulo anterior. En todos los elementos, la auditoría se centra en la verificación y confiabilidad contrastada de los datos, archivos, criterios de modelado y normas establecidos para la toma de decisiones.

TABLA 18. Errores más comunes en auditorías de modelos arquitectónicos.

Elemento	Coherencia Geométrica	Duplicación de Elementos	Interferencias y Colisiones	Niveles y Rejillas	Nomenclatura y Clasificación	Parámetros y Propiedades	Complejidad de Información	Exactitud de Datos	Parámetros y Etiquetado	Vistas y Planos	Cotas y Anotaciones	Formato y Presentación	Modelos Vinculados	Consistencia Interdisciplinaria	Control de Versiones	Revisiones y Comentarios	Tamaño del Archivo	Uso de Familias y Componentes
Pared	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Losa	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Puerta	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ventana	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Tabique	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Cielorraso	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● Cumple con el indicador

● No cumple con el indicador

3.2 Integración de los métodos de construcción.

La integración de métodos de construcción en los modelos BIM es una práctica orientada a la planificación y ejecución de los proyectos. Esta integración implica la incorporación de datos de construcción en un modelo centralizado, compuesto por varias disciplinas que interactúan entre sí en la realidad y en el modelo transfiriendo las condiciones de cada una a las demás. La simulación de este evento real aprovecha las mejores prestaciones que un modelo de este tipo para la toma de decisiones contextualizadas.

Los estándares abiertos como el formato IFC (Industry Foundation Classes) deben estudiarse antes de integrar los métodos de construcción en BIM. Como se ha mencionado anteriormente, es esencial en este caso pensar en la interoperabilidad o el trabajo con formatos nativos diferentes. Esto se debe a que los datos de construcción pueden ser compartidos y utilizados efectivamente por todos los participantes del proyecto, indistin-

tamente del software que utilicen, y un formato como el IFC universal es lo más conveniente. Sin duda, esto es esencial para asegurarse de que todos los datos estén sincronizados y disponibles para todos los miembros del equipo de trabajo en el momento adecuado. (BuildingSMART, 2020).

Integrar los modelos no es suficiente para asegurar que el proceso constructivo está simulado, por ello se debe realizar una detección y resolución de interferencias entre disciplinas, para no tener sorpresas al momento de construir. Entonces, antes de que se inicie la construcción los equipos multidisciplinares deben identificar los conflictos entre los diferentes componentes en el modelo integrado.

La detección de interferencias en una etapa temprana del proyecto evita retrasos y modificaciones costosas y certifica que todos los elementos del modelo estén en posición y funcionando de acuerdo con las especificaciones del proyecto. (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012).

La colaboración y la comunicación efectiva también son aspectos de la integración de los métodos de construcción en los modelos BIM, y aquí interviene la gestión profesional. Y es uno de mayores beneficios de la implementación BIM, se trata del un entorno común de datos (CDE), que consiste en una base de datos centralizada y actualizada. Los participantes del proyecto tendrán acceso a la versión más reciente del modelo y los datos relacionados, lo que mejorará la colaboración entre disciplinas y garantizará que todos los cambios y actualizaciones se comuniquen de manera eficiente. (Hardin & McCool, 2015).

La organización y simultaneidad en el manejo de los datos, como hemos visto, es esencial para una integración efectiva de los métodos de construcción en BIM. Es así como la coordinación multidisciplinaria involucra la integración de modelos de diferentes disciplinas (arquitectura, estructura y MEP) en un solo modelo central, lo que permite una revisión completa y la resolución de conflictos entre las diferentes disciplinas antes de la construcción. Este modelo organiza y coloca todos los elementos de acuerdo con su desempeño real, lo que demuestra la calidad y eficiencia del proyecto. (Eastman et al., 2011).

INTERFERENCIAS.

De acuerdo con lo indicado, es la detección y análisis de interferencias, también conocida como "Clash detection", lo que confirma que los méto-

dos de construcción están integrados correctamente, esto con el objetivo de evitar problemas el sitio de construcción.

El conflicto entre elementos de arquitectura y otros sistemas es común en el modelado. Para ilustrar, los choques entre paredes arquitectónicas y columnas estructurales pueden requerir cambios en el diseño de la pared o la reubicación de la columna depende de la prioridad que el equipo le asignó a cada sistema. Resolver esta colisión en el sitio requeriría tiempo y dinero para rediseñar o demoler la pared involucrada; esto podría resultar en pérdida de material o sobreestimación de mano de obra, así como mano de obra adicional no planificada.

La colisión entre el cielorraso y los rociadores del sistema contraincendios es otro tipo de colisión común que ocurre cuando las boquillas no están en línea con las rejillas del techo falso. Rediseñar la disposición de la estructura del cielorraso o mover las boquillas de los rociadores son necesarios para resolver esta interferencia. Encontrar esta interferencia en la obra retrasa la instalación y aumenta los costos de mano de obra y materiales. (Hardin & McCool, 2015).

Como se ha dicho, la detección temprana y resolución de estas colisiones reduce significativamente los retrasos y costos asociados a los tiempos de construcción. Así como también es importante precisar que el trabajo de detección y análisis de

Una matriz de interferencias es una herramienta esencial que se utiliza para identificar, registrar y gestionar las interferencias entre los diferentes elementos que componen cada una de las disciplinas de un proyecto.

colisiones no inicia con una marca de bandera “preparados, listos, ¡fuera!”, ya que es indispensable utilizar instrumentos que sistematicen la solución de estas como la matriz de interferencias.

MATRIZ DE INTERFERENCIAS.

La matriz de interferencias o colisiones es un registro sistemático de todos los problemas potenciales que se puedan encontrar entre los diferentes componentes del modelo integrado. Estos conflictos pueden surgir entre varios elementos, incluidos elementos arquitectónicos, estructurales, mecánicos, eléctricos y de plomería.

Esencialmente, se compone de una lista de elementos y las colisiones entre ellos clasificadas por su gravedad y prioridad de resolución, considerando criterios de jerarquización. Esto último de gran relevancia.

En general, la jerarquización es el proceso de organizar elementos o componentes según sus niveles de importancia o prioridad para que sean más fáciles de administrar y analizar. En la gestión de BIM y la construcción, la jerarquización implica clasificar los componentes del proyecto según cómo afectan la estructura y la funcionalidad del edificio. En el modelado constructivo, este proceso permite la identificación y resolución de problemas de la manera más efectiva y centrándose en los aspectos que demoran el avance del modelo o del proyecto.

Por lo tanto, la matriz de interferencias muestra el

orden en el que se debe responder a las colisiones. Por ejemplo, los elementos que tienen un impacto directo en la estabilidad estructural y la funcionalidad del edificio deben ser los primeros en ser atendidos durante el proceso de coordinación multidisciplinar.

Entonces, se prioriza para guiar el análisis de los posibles efectos de las colisiones en la construcción del proyecto. Los siguientes son algunos criterios centrados en los elementos arquitectónicos:

Alta Prioridad

Se refiere a las colisiones que deben ser resueltas primero debido a su impacto crítico en la estabilidad y funcionalidad del edificio (Eastman et al., 2011). Entre ellas:

- Interferencias entre elementos portantes y MEP: pilares, vigas y conductos de HVAC, tuberías principales, o cableado eléctrico.
- Interferencias entre estructuras primarias: muros principales, techos y pisos.

Media Prioridad

Su resolución es decisiva para mantener la funcionalidad y accesibilidad de los espacios, así como la eficiencia y la instalación adecuada de estos sistemas, aunque no son tan importantes como las de alta prioridad. (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012).

- Interferencias entre estructuras secundarias y MEP: divisiones interiores y elementos MEP.

- Interferencias entre Sistemas MEP: sistemas MEP (como HVAC y sistemas eléctricos)

Baja Prioridad

Su impacto en la estabilidad estructural es mínimo, aunque son importantes para la estética y la funcionalidad final.

- Interferencias con elementos de acabado: aquellas que afecten puertas, ventanas y otros elementos relacionados con los acabados.

PRODUCTOS DE LA INTEGRACIÓN CONSTRUCTIVA.

Los modelos 3D detallados, la evaluación de costos, programación, coordinación del proyecto y documentación son los principales productos de la integración constructiva en BIM. Todos estos componentes tienen un impacto significativo en la eficiencia, la reducción de riesgos y la optimización de recursos en los proyectos arquitectónicos.

Este apartado se centrará en dos de los anteriormente mencionados: la programación (4D) y los costos (5D).

PROGRAMACIÓN. La programación, conocida como 4D BIM, incorpora el factor tiempo al modelo 3D, permitiendo a los equipos planificar y visualizar la secuencia de construcción de manera más efectiva. Como producto de la integración de los métodos constructivos permite optimizar el uso de los recursos, cumplir con el cronograma de obra y presupuesto así como y reducir los plazos

de entrega (Hardin & McCool, 2015).

En el sentido general, la programación constructiva permite la administración de todos los recursos a ser utilizados en un proyecto como la mano de obra, materiales y equipos. Cada uno tiene una secuencia lógica de actividades asociadas que pueden identificar y reducir los riesgos que potencialmente pudieran afectar el progreso previsto en el cronograma de la obra.

Una programación bien planificada evita, por ejemplo, el almacenamiento prolongado y el deterioro de los materiales, así como que estos lleguen al sitio justo a tiempo para su uso. Además, permite una coordinación más fluida entre los diversos equipos de trabajo, lo que resulta en una ejecución más eficiente de las actividades de construcción. (Gould & Joyce, 2009).

Con BIM, la programación se transforma en una planificación detallada de las fases de construcción vinculada a un modelo. Es así como la coordinación y calendarización de la entrega puntual de materiales y en el marco del presupuesto del proyecto es un hecho de precisión.

Sin embargo, la programación constructiva no está exenta de desafíos; la precisión de los datos iniciales es crítica porque cualquier error puede afectar la secuencia de tareas en la ejecución del proyecto.

3.2 Integración de los métodos de construcción (cont.)

3.3 Productos de la integración constructiva: secuenciación de actividades, comunicación y costos

SIMULACIÓN CONSTRUCTIVA. (4D)

La simulación constructiva del modelo arquitectónico con BIM es una herramienta poderosa que permite a los equipos de proyecto prever y planificar de manera más efectiva todas las fases de la construcción. No se trata de una mera visualización constructiva, es la simulación de la secuencia de actividades constructivas. Este proceso implica la creación de un modelo digital del edificio que integra toda la información sobre todos los rubros contemplados en su ejecución, apoyando la coordinación en el sitio de construcción y anticiparse a los problemas.

Para llegar a la simulación constructiva se debe crear un modelo detallado 3D del edificio. Este modelo debe incluir los elementos arquitectónicos y su relación con los elementos estructurales y de instalaciones (MEP).

Modelo detallado 3D.

Un modelo BIM detallado es una representación

digital que contiene información precisa y detallada sobre la geometría, los materiales, los sistemas y las funciones del edificio. Con un LOD 350 a 400, este nivel de desarrollo se logra para la fase de planificación, construcción y gestión del proyecto de construcción, reduciendo costos y riesgos.

SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES (4D)

El siguiente paso es integrar el cronograma de construcción después de completar el modelo 3D detallado. Esto crea un modelo 4D. Se logra mediante la vinculación de actividades de construcción a cada componente del modelo. Esta tarea es apoyada por herramientas digitales, que permiten crear una simulación visual del proceso de construcción a lo largo del tiempo. (Chaffarianhoseini et al., 2017).

El modelo 4D ayuda a los profesionales involucrados a analizar el proceso de construcción de manera detallada. Ayuda a identificar posibles conflictos o problemas de coordinación constructiva

en el sitio. Este modelo también permite proyectar la logística y visualizar la secuenciación de las actividades para optimizar los procesos y mejorar la eficiencia general del proyecto. (Bryde et al., 2013).

COMUNICACIÓN

Por último, pero no menos importante, la simulación constructiva facilita la comunicación y la colaboración entre los profesionales involucrados en el proyecto. Las visualizaciones 4D mejoran la coordinación y reducen la posibilidad de errores y malentendidos, al permitir una comprensión clara del plan de construcción.

En conclusión, la simulación constructiva del modelo es una práctica útil para la fase constructiva. La integración de modelos 3D detallados y cronogramas de construcción, permite a los equipos prever y planificar el desempeño del proyecto en todas sus fases, mejorando la coordinación de tareas, reduciendo riesgos y optimizando el uso de recursos.

COSTOS (5D)

Los datos de diseño 3D, los cronogramas 4D y los valores de costos se integran en tiempo real con la herramienta avanzada de modelado de información de construcción BIM 5D. A lo largo del ciclo de vida del proyecto, la integración permite al equipo de trabajo prever, controlar y optimizar los costos. (Gao, Wu, & Xu, 2020). La principal ventaja de BIM 5D radica en su capacidad para mejorar la precisión en la estimación de costos y facilitar una

gestión financiera más eficiente, reduciendo la incidencia de sobrecostos o desviaciones presupuestarias.

BIM 5D permite una visualización y actualización continua del estado financiero del proyecto, mientras este avanza con la vinculación de elementos del modelo digital con bases de datos de costos y cronogramas. En la medida en que facilita la toma de decisiones informadas y favorece una mayor transparencia financiera del proyecto, esto contribuye a una gestión eficaz. (Eadie et al., 2013).

Integración y precisión en la estimación de costos

La precisión en la estimación de costos es uno de los principales beneficios de BIM 5D. Al vincular directamente los elementos del modelo 3D con los datos de costos y cronogramas, los profesionales de la construcción pueden realizar cálculos de costos detallados y dinámicos. Esto no solo mejora la precisión, sino que también permite una mejor visualización de los impactos financieros de los cambios en el diseño (Gao et al., 2020; Ma et al., 2021). Además, la capacidad de actualizar los costos en tiempo real con cualquier modificación en el proyecto permite una gestión más efectiva y proactiva de los presupuestos (Eadie et al., 2013).

Reducción de sobrecostos y mejora en la transparencia

Los sobrecostos, son un problema común en muchos proyectos de construcción, la visualización de

los datos de costos facilita el trabajo colaborativo y el entendimiento mutuo, reduciendo los conflictos y las malinterpretaciones que pueden llevar a aumentos de costos imprevistos.

Finalmente, es importante precisar algunas de las estrategias de integración de software 4D y 5D con los modelos BIM, como se muestra en las Tablas 19 y 20. La integración de software 4D con modelos BIM implica vincular los modelos BIM con software de planificación para gestionar la secuencia de construcción. La estrategia manual incluye la selección del software BIM y de programación 4D, así como la exportación e importación de modelos, la asignación manual de tareas y la vinculación con cronogramas, seguida de simulaciones y actualizaciones continuas. La integración automática requiere la configuración del CDE, exportaciones e importaciones automáticas, generación automática de tareas y las simulaciones que facilitan la actualización en tiempo real.

Combinando modelos BIM con software de presupuestos, para generar estimaciones detalladas, la integración de software 5D potencia el análisis de costos. La integración automatizada genera presupuestos detallados, asigna costos unitarios y extrae cantidades del modelo BIM automáticamente. La estrategia manual implica la medición manual de cantidades desde el modelo BIM y su registro en hojas de cálculo o software de gestión, seguido de la asignación de costos y la compilación de presupuestos detallados, lo que ofrece mayor control y

personalización.

Aunque BIM 5D tiene ventajas evidentes, su implementación presenta retos para los administradores de proyectos. Tanto la necesidad de capacitación y adaptación del personal como la falta de estándares uniformes para la integración y el intercambio de datos constituyen obstáculos significativos. Sin embargo, a medida que la industria adopta cada vez más BIM 5D, se están creando mejores prácticas y soluciones para superar estos desafíos, lo que facilita una transición más rápida y efectiva a la digitalización de la industria. (Sacks et al., 2018).

Modelar la información para costos o BIM 5D integra datos de diseño (3D), tiempo (4D) y costos (5D), que para una gestión integral ofrece un enfoque preciso de la organización financiera y el control de gastos.

TABLA 19. Estrategias de integración software 4D con modelo BIM

Estrategia	Manual	Automatizada
Selección de Software	Elegir un software de BIM y un software de planificación 4D.	Elegir software de BIM y 4D que ofrezcan capacidades de integración automática.
Exportación de Modelos BIM	Exportar el modelo BIM desde el software BIM en un formato compatible con el software 4D, generalmente IFC (Industry Foundation Classes) o un formato nativo compatible.	Configurar el software BIM para que exporte automáticamente los modelos en formatos compatibles con el software 4D en intervalos regulares o cuando se produzcan cambios significativos.
Importación de Modelos BIM en el Software 4D	Asegurarse de que todos los elementos del modelo están correctamente importados y son reconocibles en el entorno 4D mediante un ID.	Configurar el software 4D para que importe y sincronice automáticamente los modelos BIM desde el CDE.
Asignación Manual de Tareas de Construcción	Desglosar el proyecto en tareas de construcción específicas. Asignar manualmente cada elemento del modelo BIM a las tareas de construcción correspondientes en el software 4D. Ajustar la secuencia de tareas para reflejar el cronograma de construcción planificado.	Utilizar la funcionalidad de automatización del software 4D para generar tareas de construcción basadas en las propiedades de los elementos del modelo BIM. Configurar reglas y plantillas para automatizar la asignación de tareas y la secuencia de construcción.
Vinculación de Tareas a Cronograma	Crear o importar un cronograma de construcción (usando software de planificación como Microsoft Project o Primavera). Vincular manualmente las tareas de construcción del modelo 4D con las actividades del cronograma.	Integrar el software 4D con herramientas de planificación como Microsoft Project o Primavera para importar cronogramas automáticamente. Configurar la vinculación automática de las tareas generadas en el modelo 4D con las actividades del cronograma basado en parámetros de tiempo y secuencia predefinidos.
Simulación y Análisis	Ejecutar simulaciones de la secuencia de construcción para identificar posibles conflictos o problemas. Ajustar las tareas y el cronograma según sea necesario para optimizar la planificación.	Ejecutar simulaciones automáticas de la secuencia de construcción en intervalos regulares o en respuesta a cambios en el modelo BIM o en el cronograma. Configurar alertas y reportes automáticos para identificar y resolver conflictos potenciales.
Actualización y Revisión Continua	Revisar y actualizar manualmente el modelo 4D a medida que el proyecto avanza y se obtienen nuevos datos o cambios en el cronograma.	Utilizar el CDE para mantener el modelo 4D y el cronograma actualizados en tiempo real. Implementar herramientas de seguimiento y actualización automática para reflejar el progreso de la construcción y ajustar las simulaciones y el cronograma según sea necesario.

TABLA 20. Estrategias de integración software 5D con modelo BIM

Estrategia	Integración de Software de Presupuestos con BIM	Medición Manual y Vinculación de Datos en el Modelo BIM
Descripción	Esta estrategia consiste en integrar el software de presupuestos con el modelo BIM para extraer automáticamente las cantidades de los elementos y generar un presupuesto detallado.	Esta estrategia implica la medición manual de las cantidades a partir del modelo BIM, seguida de la vinculación de estos datos con una hoja de cálculo o un software de gestión de presupuestos.
Importación del Modelo BIM	El modelo BIM en LOD 350 se importa en el software de presupuestos compatible. Esto puede realizarse mediante formatos interoperables como IFC (Industry Foundation Classes) o directamente desde el software de modelado nativo.	Los profesionales de costos revisan el modelo BIM en LOD 350 utilizando herramientas de visualización BIM (como Navisworks, Solibri, o el propio software de modelado como Revit).
Mapeo de Elementos	Los elementos del modelo BIM (paredes, columnas, vigas, etc.) se asocian con ítems de costo en la base de datos del software de presupuestos. Esto implica definir las categorías de costo correspondientes para cada tipo de elemento.	Se realizan mediciones manuales de los elementos del modelo BIM. Esto puede incluir la extracción de longitudes, áreas y volúmenes directamente del modelo. Por ejemplo, para una pared, se mide la longitud total, la altura y el espesor para calcular el área y el volumen.
Extracción Automática de Cantidades	El software de presupuestos extrae automáticamente las cantidades y dimensiones precisas de los elementos del modelo BIM. Para una pared, por ejemplo, se obtienen datos como longitud, altura, espesor, área y volumen.	Las cantidades medidas se registran en una hoja de cálculo (por ejemplo, Excel) o se ingresan en un software de gestión de presupuestos.
Asignación de Costos Unitarios	Se asignan costos unitarios a cada elemento basado en la base de datos de costos del software, que incluye materiales, mano de obra, equipos y otros recursos necesarios.	Se asignan costos unitarios a cada tipo de elemento basado en listas de precios actualizadas, que pueden incluir costos de materiales, mano de obra y equipos.
Generación del Presupuesto	El software genera un presupuesto detallado, que incluye un desglose de costos por elemento, categoría y fase del proyecto. Se pueden crear informes personalizados y exportar los datos para su revisión y análisis.	Se compila un presupuesto detallado utilizando los datos de las cantidades medidas y los costos asignados. Este proceso puede incluir la creación de resúmenes de costos por categoría y fase del proyecto.
Validación y Ajustes	El presupuesto se valida mediante la revisión y comparación con presupuestos anteriores o estándares de la industria. Se realizan ajustes si es necesario para garantizar la precisión.	El presupuesto se valida mediante la revisión y comparación con presupuestos anteriores o estándares de la industria. Se realizan ajustes si es necesario para garantizar la precisión.

4

GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y EL ESTÁNDAR ISO 19650

La norma ISO 19650 regula la metodología BIM como modelo de trabajo para la industria de la construcción. La ISO 19650 se centra en la organización y digitalización de la información de edificios y obras civiles que utilizan BIM para administrar su información.

El foco de la ISO 19650 es la gestión de la información desde las primeras etapas de diseño hasta la construcción y operación del activo construido. La norma promueve la creación de un entorno común de datos (CDE), que es un espacio digital y colaborativo donde se almacenan y comparten todos los documentos y datos relacionados con el proyecto. El CDE garantiza el acceso a información en tiempo real más actualizada y precisa para todos los participantes e interesados, lo que mejora la comunicación y reduce los errores y retrabajos.

La definición de los roles y responsabilidades en la gestión de la información es una parte fundamental de la norma. Esto implica contratar a un gestor de información para garantizar que los datos sean confiables y de alta calidad durante todo el proyecto. Además, la ISO 19650 introduce el concepto de "Plan de Ejecución BIM" (BEP), un documento que detalla cómo se implementará BIM en el proyecto, incluida la gestión de datos, los procesos de colaboración y los protocolos de intercambio de información.

La ISO 19650 también destaca la importancia de la seguridad de la información, al establecer pautas para proteger los datos sensibles del proyecto contra accesos no autorizados, y garantizar la confidencialidad e integridad de la información.

La ISO 19650 proporciona un marco robusto para la gestión eficiente de la información en proyectos de construcción, promoviendo la colaboración y la transparencia entre todos los actores involucrados, desde los diseñadores hasta los contratistas y operadores.

4.1 Estándar ISO 19650

Como se ha introducido, la gestión de la información desde las primeras etapas de diseño hasta la construcción y operación del edificio es el foco de la ISO 19650. La norma fomenta la creación de un entorno común de datos (CDE), una plataforma colaborativa donde se almacenan y comparten todos los documentos y datos relacionados con el proyecto. El CDE garantiza que todos los participantes del proyecto tengan acceso a información actualizada y precisa en tiempo real, lo que mejora la coordinación y reduce el retrabajo.

La ISO 19650 está compuesta por una serie de normas que proporciona un marco integral para la gestión de la información en proyectos de construcción mediante Building Information Modeling (BIM). A continuación, se presenta un resumen de las cinco partes principales de esta serie:

ISO 19650-1

Los conceptos y principios fundamentales de la gestión de la información mediante BIM se esta-

blecen en la ISO 19650-1. Desde la planificación estratégica hasta la operación y el mantenimiento, esta norma se aplica durante todo el ciclo de vida de un activo construido. Aquí, la norma presenta el Entorno Común de Datos (CDE), una plataforma centralizada para la gestión y el almacenamiento de datos del proyecto, y enfatiza la importancia de la colaboración y la interoperabilidad entre los actores del proyecto. Además, establece normas para la seguridad y calidad de la información y define roles y responsabilidades, incluida la figura del Gestor de la Información. (ISO, 2018).

ISO 19650-2

La ISO 19650-2 se centra en la fase de ejecución del proyecto. Detalla los requisitos para la gestión de la información desde la movilización inicial hasta la entrega del activo. La norma describe el ciclo de vida de la información y establece procesos para la creación, revisión, y aprobación de datos. Además, enfatiza la importancia de los intercambios de información planificados y la gestión

de cambios, asegurando que todas las modificaciones sean controladas y documentadas adecuadamente (ISO, 2018).

ISO 19650-3

La ISO 19650-3 aborda la gestión de la información durante la fase de operación y mantenimiento de los activos. Esta parte de la norma proporciona directrices para la actualización continua de la información y la gestión de datos a largo plazo. La norma resalta la necesidad de mantener la integridad y accesibilidad de la información durante toda la vida útil del activo, facilitando su operación eficiente y su mantenimiento predictivo y preventivo (ISO, 2020).

ISO 19650-4

La ISO 19650-4 establece los requisitos para el intercambio de información en proyectos de construcción. Esta norma proporciona un marco para la entrega de información precisa y coherente entre todos los participantes del proyecto. Detalla los procesos y protocolos para la revisión y aprobación de datos, asegurando que la información entregada cumpla con los estándares de calidad y las especificaciones del proyecto. Además, promueve la utilización de formatos de datos abiertos y estándares para facilitar la interoperabilidad (ISO, 2022).

ISO 19650-5

La ISO 19650-5 se enfoca en la seguridad de los

datos cuando se trata de su gestión a través de BIM. Esta norma establece pautas para la disponibilidad, integridad y confidencialidad de la información y protegerla contra accesos no autorizados. La norma también aborda la gestión de riesgos y la implementación de medidas de seguridad para esta protección a lo largo del ciclo de vida del proyecto. (ISO, 2020).

PROCESO DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

La norma ISO 19650 (2018) establece un marco robusto para la gestión de la información en proyectos de construcción mediante la adopción de metodologías BIM (Building Information Modeling).

Una de las piedras angulares de la ISO 19650 es la planificación de la gestión de la información (Figura 16). Esta fase inicial establece las bases para todo el proceso de gestión de la información y tiene varios elementos que deben considerarse cuidadosamente, ya que influyen en el modelado.

Planificación de la gestión de la información

Primeramente, se planifica la gestión de la información. Aquí, es básico establecer los Requisitos de Información del Cliente. Estos requisitos indican qué información necesita el cliente, en qué formato y cuándo debe entregarse. Los EIR guían todas las actividades de generación y gestión de información e incluye requisitos técnicos, tales como estándares de modelado, requisitos de ges-

ción, protocolos de comunicación y procedimientos de revisión. Al establecer estos requerimientos desde el principio, se asegura que todos los involucrados en el proyecto comprendan claramente lo que se espera en términos de entrega de información.

Un EIR bien elaborado proporciona una base sólida para el desarrollo del Plan de Ejecución de BIM (BEP), y facilita una coordinación eficiente entre todas las partes interesadas. Además, los EIR ayudan a mitigar riesgos al definir claramente los criterios de aceptación de la información, asegurando que los entregables cumplan con las expectativas del cliente.

En esta etapa inicial, también se establece un equipo de gestión de la información con responsabilidades claras para que todos los aspectos de esta gestión se lleven a cabo de manera adecuada. Este equipo gestiona el CDE y supervisa el cumplimiento de los EIR y BEP.

Producción de la Información

Se debe crear un Plan de Ejecución de BIM (BEP) una vez que se hayan establecido los EIR. Este plan detalla cómo se gestionará la información del proyecto a través de roles y responsabilidades, flujos de trabajo, estándares y procedimientos. El BEP debe mantenerse actualizado a medida que avanza el proyecto, para reflejar cualquier cambio en las necesidades de información o en las estrategias de gestión.

Este plan debe ser revisado y aprobado por todas las partes interesadas antes de que comience la producción de información, garantizando que todos comprendan y acuerden los métodos y estándares a seguir para los entregables.

En pro de la transparencia de la colaboración entre todas las partes interesadas, se deberá acordar cómo ocurrirá la clasificación, almacenamiento e intercambio de información y en correspondencia se realiza la configuración del CDE.

Una vez que las condiciones del BEP han quedado establecidas, la producción de información comienza con la creación de modelos de información del proyecto. Como se mencionó anteriormente, estos modelos contienen información detallada según el desarrollo acordado, ya sea para la fase de diseño como de construcción y operación del activo. Los modelos deben ser precisos y cumplir con los requisitos del BEP y los Requisitos de Información del Empleador (EIR). Así mismo, estar aptos para la interoperabilidad y la coherencia de la información, utilizando herramientas y software compatibles.

Revisión y autorización de la información

Otro aspecto importante es la gestión de la calidad de la información. Para ello, se deben llevar a cabo procedimientos de revisión y verificación de la información producida con el objeto que cumpla con los estándares y requisitos establecidos. Antes de que los datos se compartan en el En-

torno Común de Datos (CDE), se pueden realizar revisiones, auditorías y pruebas de validación regulares.

Finalmente, la producción de la información es un proceso iterativo y flexible, que permite ajustes y actualizaciones según la necesidad.

Distribución y uso de la información

El almacenamiento y archivo de datos, según la norma ISO 19650 es un proceso a favor de la integridad, seguridad y accesibilidad de los datos del proyecto a lo largo de su ciclo de vida. Esta etapa implica la implementación de métodos y técnicas específicos para la gestión de datos de manera eficiente y segura.

Primero, los datos deben almacenarse y administrarse en un Entorno Común de Datos (CDE), esto es esencial para que la información esté actualizada, accesible y protegida contra accesos no autorizados.

El CDE es una plataforma digital centralizada que facilita el almacenamiento, la gestión y el intercambio controlado de información relacionada con el proyecto. Para garantizar que la información esté actualizada, accesible y protegida contra accesos no autorizados, es esencial configurar y administrar correctamente el CDE.

Es importante no olvidar que el CDE es una plataforma digital centralizada y controlada para un intercambio, gestión y almacenamiento. Para esto se

controla el acceso con permisos claramente definidos y para cada rol en el proyecto; asegurando que solo las personas autorizadas puedan acceder y modificar la información pertinente.

El uso de la información debe ser eficiente y apoyar la toma de decisiones informadas entre los miembros del equipo del proyecto. La información debe presentarse y estructurarse de manera que sea fácil de entender y usar. Esto incluye la creación de informes, imágenes y modelos para facilitar la interpretación y su aplicación durante las diferentes fases del proyecto.

Además, es importante que haya un registro de todas las transacciones y actividades relacionadas con la información en el CDE. Este registro proporciona un historial de auditoría que puede ser utilizado para monitorear el cumplimiento y resolver cualquier disputa o problema que pueda surgir.

Almacenamiento y archivo de la información

El almacenamiento y archivo de la información involucra la implementación de estrategias y procedimientos específicos para manejar la información de manera eficiente y segura.

La información del proyecto, al estar almacenada en un Entorno Común de Datos (CDE) está bajo una estructura organizada y de acceso controlado. Asimismo, cuenta con políticas de gestión documental establecidas en el Plan de Ejecución de BIM (BEP). Cabe subrayar que estas políticas deben incluir procedimientos para la clasificación,

codificación y almacenamiento de los documentos, asegurando que se mantenga un orden lógico y accesible. Siendo básico establecer un sistema de versiones que pueda monitorear y administrar las modificaciones realizadas a los documentos, para que el profesional que consulta un contenedor de información siempre se utilice la versión más reciente. Para esta actividad también se deben implementar medidas de seguridad robustas para proteger los datos de pérdidas y daños. Esto incluye el uso de contraseñas, encriptación y copias de seguridad regulares. Las copias de seguridad deben ser almacenadas en ubicaciones separadas para asegurar la recuperación de la información en caso de fallos del sistema o desastres.

Una vez completado el proyecto, los datos se transfieren a un estado de almacenamiento a largo plazo. Este proceso debe seguir las normas de retención de datos, que dictan cuánto tiempo se debe mantener la información y cuándo se puede eliminar de manera segura. Los documentos archivados deben estar disponibles para referencias futuras, como auditorías y operaciones de mantenimiento de activos.

Finalmente, es importante llevar un registro de todas las actividades relacionadas con el almacenamiento y archivo de datos. Este registro proporciona una garantía de cumplimiento con relación a los estándares y regulaciones consideradas para el desarrollo del proyecto.

MODELO DE ENTREGA DE INFORMACIÓN

Otro aspecto fundamental en el proceso de gestión BIM es la entrega de información. Para ello, comúnmente se sigue un "Modelo de Entrega de Información" también conocido como Manual de entrega de información o IDM (Information Delivery Manual), el cual especifica los protocolos y procedimientos para la creación, verificación y entrega de información en cada fase del proyecto. Este modelo asegura que la información entregada sea consistente, precisa y conforme a los requerimientos y estándares acordados.

LOIN

Como nos encontramos en el contexto de la ISO 19650 es conveniente introducir el concepto de LOIN o Niveles de Información Necesaria. Estos especifican la cantidad de detalle requerido en cada fase del proyecto en términos del detalle gráfico, nivel de información alfanumérica y documentación necesaria. Estos niveles aseguran que la información creada y gestionada sea la adecuada para satisfacer las demandas de los diferentes actores involucrados en el proyecto, evitando tanto sobrecarga de datos como falta de información crítica.

La ISO 19650 desglosa los LOIN en tres componentes principales:

Nivel de Desarrollo (LOD)

Se refiere a la geometría de los elementos del modelo BIM. Define cuánto detalle geométrico debe

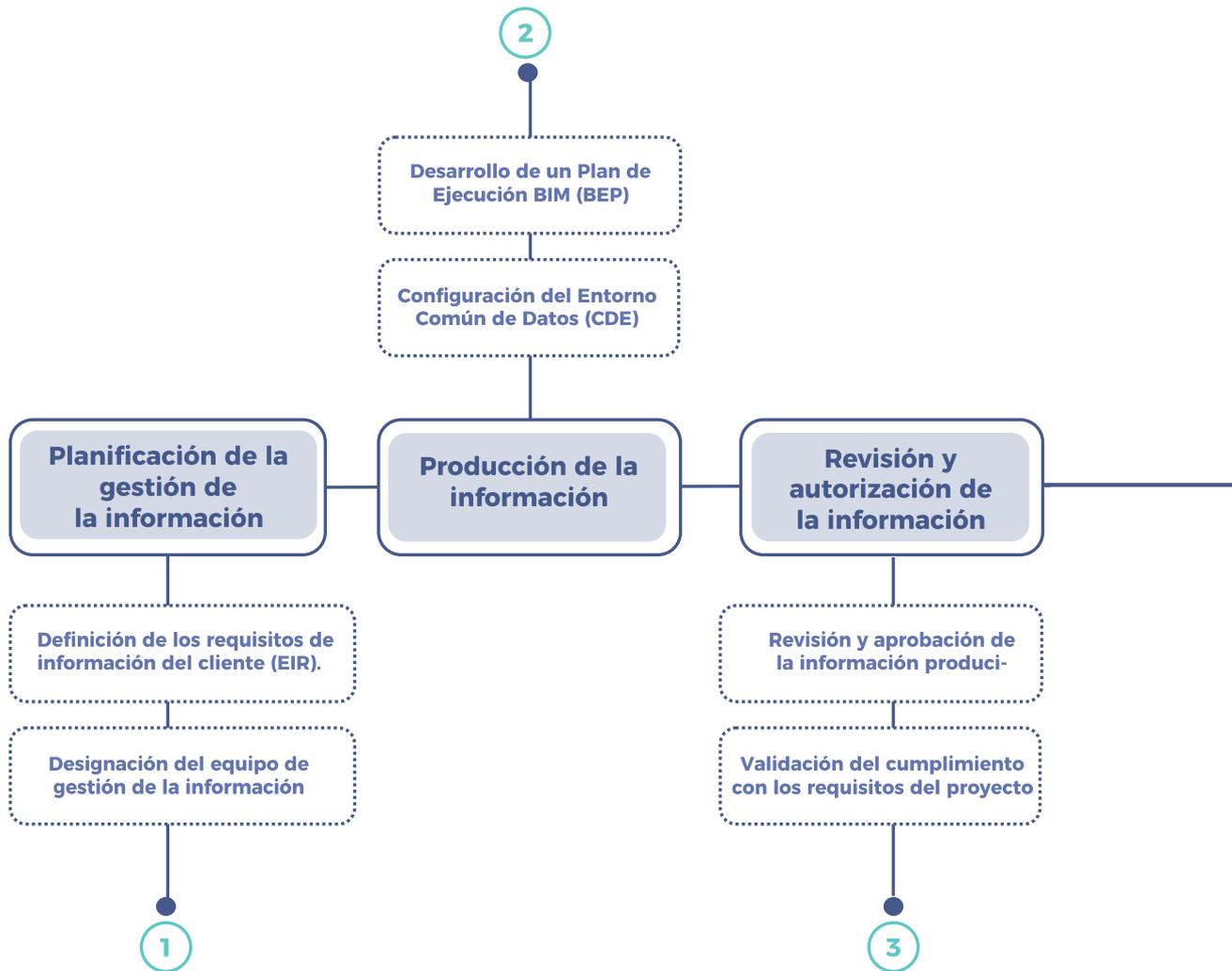
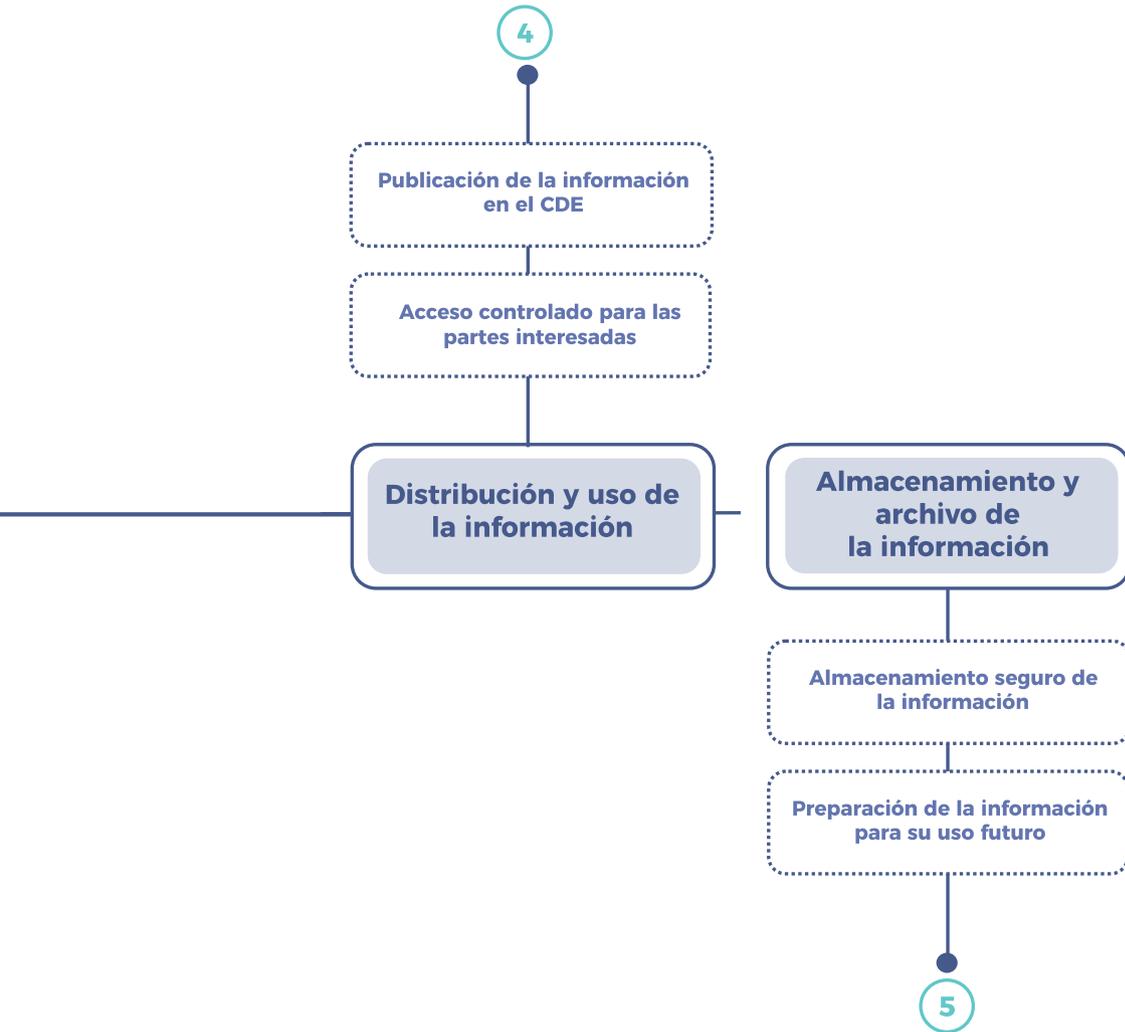


Figura 16. Proceso de gestión de información según la ISO 19650.



tener un elemento en una etapa específica del proyecto.

Nivel de Información (LOI)

Este componente abarca la información no geométrica, como especificaciones, propiedades y atributos de los elementos del modelo.

Nivel de Documentación (LODoc)

Incluye todos los documentos pertinentes que apoyan la información geométrica y no geométrica, como planos, informes y especificaciones técnicas.

Cada paso del ciclo de vida de un proyecto, desde el diseño hasta la construcción y la operación, requiere una cantidad diferente de detalle y precisión de datos. La ISO 19650 proporciona directrices claras para ajustar los LOIN según la fase específica, asegurando que todos los involucrados tengan la información requerida sin exceso ni deficiencia.

FASES DEL PROYECTO Y EL LOIN

La ISO 19650 reconoce que cada fase del ciclo de vida de un proyecto de construcción tiene sus propias necesidades de información, a continuación breve de cada de ellas en función de la información requerida:

Planificación y Diseño Inicial: Durante esta fase, la información requerida se centra en la conceptualización del proyecto, la viabilidad y los requisitos iniciales del cliente.

Diseño Detallado: Aquí se incrementa el nivel de desarrollo tanto geométrico como no geométrico, ya que se elaboran los diseños detallados y se preparan para su validación y aprobación.

Documentación del Diseño: En esta etapa, la documentación detallada del diseño es fundamental para preparar el proyecto para la fase de construcción.

Construcción: La información requerida en esta fase incluye detalles específicos de construcción, planificación de la obra, y gestión de los recursos.

Operación y Mantenimiento: Una vez finalizada la construcción, la información necesaria se centra en la operación y el mantenimiento del activo construido.

En la Tabla 21 se detalla la información necesaria por fase del proyecto. Las pautas para ajustar los niveles de información tienen como objetivo que la información generada sea adecuada para satisfacer las necesidades específicas de cada fase. En particular, se compromete con su utilidad y evita la sobrecarga de datos innecesarios. Con esto, los líderes del proyecto pueden tomar decisiones informadas en cada paso del proceso, lo que evita el desperdicio de recursos humanos y materiales al generar y administrar información innecesaria.

CDE y LOS CONTENEDORES DE INFORMACIÓN

El CDE busca proporcionar una estructura de colaboración que proteja la integridad de la informa-

ción, a través de accesos controlados a los datos para cada participante del proyecto.

Un contenedor de información es, en pocas palabras, un archivo que contiene un conjunto de información persistente y recuperable.

Para BIM existen distintos tipos de contenedores de información que pueden variar según la clase de información que albergan: modelos, planos, dibujos, especificaciones técnicas, reportes de análisis, contratos, documentos legales, normativas, cronogramas o programas de obra.

Es clave que un contenedor de información posea ciertas características que certifiquen su definición y las normas ISO 19650 1 y 2 reflejan que un contenedor de información debe:

- Ser una colección lógica y coherente de información, estructurada de manera que todos los datos y documentos relacionados se agrupen adecuadamente.
- Tener una identificación única que permita su seguimiento y gestión dentro del CDE.
- Permitir el control de versiones, asegurando que siempre se puede rastrear y acceder a la versión correcta de cualquier documento o dato.
- Estar acompañados de metadatos que describan su contenido, autoría, fechas de creación y modificación, estado del documento, entre otros atributos relevantes.

- Tener controles de acceso definidos para asegurar que solo las personas autorizadas puedan ver, editar o compartir la información contenida.

- La estructura y el formato de los contenedores de información deben ser tales que faciliten la interoperabilidad entre diferentes sistemas y plataformas utilizadas en el proyecto.

Conforme a la norma ISO 19650, los contenedores de información se organizan en una estructura lógica que se relaciona con las actividades del proyecto. Esta organización dispone la información en diferentes estados o fases de desarrollo, asegurando una gestión controlada del proyecto. Los cuatro estados principales según la norma ISO son: trabajo en progreso (WIP), compartido, publicado y archivado, que se explican a continuación y se esquematizan en la Figura 16.

Trabajo en Progreso (WIP)

En este contenedor los equipos de proyecto están activamente creando y editando datos y, no se espera que esta información sea compartida todavía con otros equipos o partes interesadas externas.

Es de acceso restringido. Este contenedor solo está disponible para los miembros del equipo que trabajan directamente en la información. El equipo responsable tiene la libertad de modificar los archivos del contenedor WIP. Sin embargo, mantiene la confidencialidad y el control de versiones durante el desarrollo inicial de los datos.

TABLA 21. Información necesaria LOIN por fase del proyecto.

LOIN	PLANIFICACIÓN Y DISEÑO INICIAL	DISEÑO DETALLADO
LOD	<p style="text-align: center;">BAJO</p> <p>Modelos geométricos simples y conceptuales.</p>	<p style="text-align: center;">MEDIO</p> <p>Modelos detallados de diseños preliminares.</p>
LOI	<p style="text-align: center;">BAJO - MEDIO</p> <p>Incluye requisitos del cliente, objetivos del proyecto y viabilidad.</p>	<p style="text-align: center;">MEDIO - ALTO</p> <p>Información detallada sobre materiales, sistemas y componentes.</p>
LODOC	<p style="text-align: center;">BAJO</p> <p>Documentos conceptuales y estudios de viabilidad.</p>	<p style="text-align: center;">MEDIO</p> <p>Planos preliminares, especificaciones técnicas, reportes de análisis.</p>

**DOCUMENTACIÓN DEL
DISEÑO**

CONSTRUCCIÓN

**OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO**

ALTO

Modelos geométricos detallados listos para construcción.

MUY ALTO

Modelos geométricos precisos utilizados para construcción

VARIABLE

Detalle necesaria para gestión operativa

ALTO

Información exhaustiva sobre todos los aspectos del diseño.

MUY ALTO

Información completa y precisa sobre todos los componentes y sistemas.

MEDIO-ALTO

Información sobre mantenimiento, operación y gestión de activos.

ALTO

Documentación completa necesaria para la construcción con planos y especificaciones detalladas

MUY ALTO

Documentación específica de construcción, incluyendo secuencias de construcción y logística.

ALTO

Manuales de operación, planes de mantenimiento y registro de activos.

Según la ISO 19650-2 (2018) "los datos en esta fase están bajo control del equipo responsable y no deben ser accesibles para otros hasta que se haya completado una verificación interna adecuada" .

Compartido

El contenedor compartido es donde los otros equipos del proyecto pueden revisar, hacer comentarios y coordinar la información. Cuando pasa a este espacio la información ha sido aprobada inicialmente, pero aún puede cambiar.

La revisión y coordinación entre diversos equipos y disciplinas es más fácil en este espacio de colaboración. Aunque es de más fácil acceso que el de Trabajo en Progreso, los permisos para acceder a la información están regulados y establecidos.

Principalmente es un espacio de feedback y permite que se realicen cambios antes de la publicación final.

La información en el contenedor compartido ha sido verificada, pero aún no se considera definitiva (ISO 19650-2, 2018).

Publicado

La información en el contenedor publicado ha sido verificada y aprobada para su uso durante la fase de ejecución del proyecto. Esta información es precisa y está autorizada. Solo contiene información que ha pasado por todas las revisiones y aprobaciones requeridas y está disponible para todos los interesados. Se utiliza como referencia válida

para la construcción y otras actividades de constatación del proyecto.

Archivado

Este último contenedor tendrá la información que ha sido retirada del uso activo, pero que debe conservarse sin edición como referencia futura de cumplimiento normativo, o razones legales.

"Los datos archivados deben mantenerse inalterados y accesibles durante el tiempo estipulado por los requisitos legales o del cliente" (ISO 19650-2, 2018).

DISEÑO DE CARPETAS PARA UN CDE EFICIENTE

Para diseñar un Entorno Común de Datos (CDE) eficiente y en cumplimiento con la norma ISO 19650, es necesario estructurar las carpetas de manera que faciliten la colaboración, el acceso controlado y la gestión de versiones.

Una estructura de carpetas debe responder a un criterio de clasificación de archivos al mismo tiempo de seguir principios basados en normas internacionales y experiencias exitosas.

Crear subdivisiones de carpetas basadas en disciplinas asegura un flujo de trabajo eficiente en el CDE. En la práctica, antes crear las carpetas propiamente dicho, se debe tener en cuenta algunos criterios generales de diseño como:

- Claridad y lógica para facilitar el acceso a la información.

- Permisos según el rol del usuario para cada carpeta.
- Carpetas de trabajo compartidas para fomentar la colaboración entre disciplinas.
- Implementar una política de nomenclatura de archivos y carpetas.
- Auditorías periódicas a los contenedores del CDE para que se mantenga organizado y actualizado.

Estos criterios se encuentran contemplados en algunos estándares como norma ISO 19650 (2018) la PAS 1192-2 (BSI, 2013) o en documentos como el de especificaciones del LOD de Bim Forum (2020)

Diseño de carpetas basada en disciplinas

- Carpeta Raíz según ISO 19650:

La carpeta raíz es el directorio principal y todas las subcarpetas y archivos relacionados con un proyecto específico se encuentran en la carpeta raíz. El objetivo de esta carpeta es proporcionar una estructura de gestión de la información clara y coherente que facilite, como se ha mencionado, el acceso, la colaboración y el control de versiones.

Esta carpeta está diseñada para contener las áreas principales del CDE, de acuerdo con los requisitos establecidos por la norma ISO 19650. Estas áreas principales se dividen en cuatro categorías (Figura 17), cada de las cuales se enfoca en diferentes estados de desarrollo y aprobación de la información

del proyecto: Trabajo en progreso WIP, Compartido, Publicado y Archivado, representadas como sigue:

/CDE

/WIP

/COMPARTIDO

/PUBLICADO

/ARCHIVADO

Carpeta WIP para la disciplina Arquitectura

Dentro de cada una de las carpetas principales, es recomendable crear subdivisiones basadas en disciplinas: Arquitectura, Estructura, MEP, como se indicado anteriormente. Igualmente, se recomienda que estas carpetas se dividan en fases del proyecto: Conceptual, Diseño Detallado, Preconstrucción, Construcción, Operación, Mantenimiento. Esta forma organiza la información de manera lógica y permite que cada equipo tenga un acceso claro a los datos relevantes.

A continuación se propone, a manera de urgencia, una estructura de carpetas basada en disciplinas y estas a su vez en fases, con un contenido pensado en archivos. La estructura mostrada puede leerse de como: la carpeta raíz CDE contiene una carpeta normativa que según la ISO 19650 es de trabajo en progreso llamada WIP. Al mismo tiempo, la carpeta WIP se encuentra dividida en disciplinas, como es en este caso Arquitectura y

esta a su vez en fases correspondiente a la conceptual. Las carpetas de cada fase contiene una serie de subcarpetas cuyo contenido serán los archivos de información, trabajo y/o entregables (planos, detalles, especificaciones, modelos, etc)

/CDE/WIP

 /Arquitectura

 /Conceptual

 /Planos

 /Detalles

 /Especificaciones

 /Modelos

 /Diseño_detallado

 /Modelos

 /Planos

 /Especificaciones

 /Preconstrucción

 /Modelos

 /Planos

 /Especificaciones

Archivos de contenido en las carpetas de Fases

Para que la disciplina de arquitectura funcione bien en un CDE, las carpetas y los contenidos deben diseñarse con una estructura clara y organizada, sin perder de vista su eficiencia en la colabora-

ción y el control de versiones. El uso de una nomenclatura estándar, un control de acceso adecuado y metadatos pertinentes asegura la gestión de la información conforme a las mejores prácticas de la industria.

La nomenclatura correcta de archivos permite que la información sea fácil de localizar, interpretar y utilizar por todos los integrantes del equipo. La nomenclatura debe ser clara y coherente, a fin de evitar confusiones y errores que se pueden surgir por archivos mal nombrados (ISO, 2018). La norma sugiere una estructura que incluye elementos como el código del proyecto, disciplina, tipo de documento y versión, ya que con esto se evitan confusiones al momento de identificar el contenido del archivo.

Pongamos un ejemplo de nomenclatura de archivos que se pueden encontrar en la carpeta de la Fase de Pre-construcción del proyecto de arquitectura.

/CDE/WIP/Arquitectura/Preconstrucción

 /Modelos

 PBIM01-ARQ-Z01-L00-M3D-A-001-S0-P01.ifc

 /Planos

 MPBIM01-ARQ-Z01-L01-GA-A-001-S0-P01.dwg

 /Especificaciones

MPBIM01-ARQ-Z01-L00-SPEC-A-001-S0-P01. pdf

El desglose de la nomenclatura para un modelo arquitectónico en la fase preconstructiva, se muestra a continuación con las abreviaturas sugeridas:

Código del Proyecto: MPBIM01

Código del Origen: ARQ (para el equipo de arquitectura)

Código de la Zona: Z01 (Zona 01)

Código del Nivel: L00 (Nivel del terreno)

Código del Tipo de Archivo: M3D (Modelo 3D)

Código de la Disciplina: A (Arquitectura)

Número Secuencial: 001

Código de Estado: S0 (Issued for Information)

Código de Revisión: P01 (Primera Revisión)

Mantener una nomenclatura consistente y clara a lo largo del proyecto evita errores y facilita la búsqueda de documentos. Considerando, que durante un proyecto BIM, los archivos se revisan y actualizan varias veces, una nomenclatura adecuada permite rastrear los cambios para que los usuarios siempre trabajen con la versión más reciente y aprobada del documento (ISO 19659, 2018). Esto es de suma importancia porque cualquier error en la versión de un documentos puede afectar negativamente el progreso del proyecto.

Así mismo, es importante acotar que la nomencla-

tura debe estar bien documentada en los protocolos BIM y accesible para los usuarios, en beneficio además de la trazabilidad y el control de versiones.

A propósito del concepto de trazabilidad, esta se entiende como la capacidad de rastrear el historial, el uso y los cambios en un documento o modelo. En otras palabras, es seguir la trayectoria de un archivo desde su creación hasta el momento en que se completa el trabajo con él.

Una nomenclatura estandarizada beneficia al control de versiones, otro componente crítico. Cuando un sistema de nomenclatura contiene un código de revisión, informa al equipo de trabajo si está utilizando la versión más reciente y aprobada de un documento. Con esto se puede realizar una comparativa de versiones lo que repercute en la toma de decisiones informada.

GESTIÓN DE PERMISOS PARA LOS CONTENEDORES DE INFORMACIÓN.

La administración de permisos y accesos a contenedores de información en un CDE protege la información del proyecto. Un esquema de gestión de permisos por roles busca controlar el acceso a los contenedores de información en un CDE según responsabilidades y requerimientos .

Roles y permisos.

Es necesario definir roles y responsabilidades dentro del proyecto antes de precisar un esquema de gestión de permisos (Tabla 22). Según la norma

ISOS 19650-1 (2018) los roles y responsabilidades para gestionar un CDE son:

- Administrador del CDE: es el responsable de configurar y mantener el CDE, por lo tanto tiene permisos completos de lectura, escritura, modificación y eliminación en todos los contenedores de información. Este rol también gestiona los permisos de los otros usuarios.

- Coordinador BIM: este rol se encarga de la coordinación de los modelos disciplinares y datos BIM, garantizando su alineación. Tiene permisos de lectura y escritura en todos los modelos y documentos relacionados con la coordinación multidisciplinar, pero sin capacidad para eliminar información.

- Modelador BIM: es quien crea y actualiza los modelos BIM y sus permisos son de lectura y escritura en los modelos asignados, pero sin poder eliminar versiones aprobadas.

- Revisor: es la persona responsable de la revisión y validación de los modelos y documentos antes de su aprobación y publicación. Los permisos de este rol son de lectura y comentarios en todos los documentos y modelos. Puede aprobar o rechazar cambios, pero no modificar directamente la información.

- Usuario final: es el miembro del equipo del proyecto que necesita acceso a la información como ingenieros, arquitectos o contratistas. Sus permisos son de lectura en los documentos y modelos

necesarios para su función específica, con capacidad para comentar, pero sin poder para modificar o eliminar información.

Control de versiones y auditorías

La gestión de permisos de acceso de información en un CDE debe tener en cuenta el control de versiones. Cada modificación en los modelos o documentos debe ser registrada para permitir la auditoría y revisión de cómo ha cambiado la información. Cada versión de un documento o modelo debe ser claramente identificada y registrada para asegurar la trazabilidad de las modificaciones, según la ISO 19650-1 (2018). Esto significa que cada cambio debe ser aprobado por un revisor autorizado antes de que se ponga a disposición del equipo en el CDE, lo que garantiza que solo la información verificada esté disponible para todos los usuarios del proyecto.

Los roles involucrados en el control de versiones incluyen al Coordinador BIM, quien es responsable de la coordinación de los modelos y de la verificación de la información, y al Revisor, quien valida y aprueba las versiones. El Administrador del CDE también juega un papel fundamental al configurar y mantener el sistema de control de versiones, asegurando que todos los cambios sean correctamente documentados y accesibles.

Las auditorías, según la ISO 19650-2 (2018), son procesos de monitoreo y control de calidad en las políticas de gestión de la información. Se realizan



Figura 17. Estructura y contenedores de información ISO 19650-1, 2018.

de manera periódica a fin de identificar y corregir cualquier acceso no autorizado o comportamiento irregular.

El Administrador del CDE o un profesional designado para esta función deben llevar a cabo estas auditorías. Además, puede realizar esta tarea en puestos adicionales como Coordinador BIM. La norma enfatiza la importancia de mantener registros detallado de todas las actividades dentro del CDE para contribuir al proceso de auditoría y asegurar la transparencia y responsabilidad de esta gestión.

Por lo tanto, para mantener la salud y la confianza

en la conformación contenida en el CDE, la implementación de un esquema de gestión de permisos basado en roles requiere el uso de plataformas tecnológicas en la nube y funcionalidades de gestión de permisos, control de versiones y auditorías.

TABLA 22. Roles y permisos en el CDE

ROL	LECTURA	ESCRITURA	MODIFICACIÓN	ELIMINACIÓN	APROBACIÓN	COMENTARIOS	GESTIÓN DE PERMISOS
ADMINISTRADOR DEL CDE	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
COORDINADOR BIM	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO
MODELADOR BIM	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO
REVISOR	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO
USUARIO FINAL	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO

4.2 Mejores prácticas con el estándar ISO 19650

La implementación de BIM bajo la norma ISO 19650 en proyectos arquitectónicos, ha proporcionado valiosas lecciones que pueden guiar futuras iniciativas en este campo. La norma ISO 19650 establece, como hemos visto, los principios y requisitos para la gestión de la información en la fase de entrega y operación de los activos construidos utilizando BIM.

Entre las lecciones más importantes derivadas de su aplicación en proyectos arquitectónicos podemos citar la necesidad impostergable de una planificación meticulosa y una clara definición de roles y responsabilidades desde el inicio del proyecto. La ISO 19650-2 (2018) enfatiza la importancia de un plan de ejecución BIM (BEP) que detalla cómo se gestionará y ejecutará la modelación de la información del proyecto.

Así mismo, se ha considerado que la gestión eficiente de la información es un pilar fundamental en el éxito de los proyectos BIM. Esto incluye la

creación y mantenimiento de un entorno común de datos (CDE), donde toda la información del proyecto sea almacenada y gestionada de manera coherente y accesible. La implementación exitosa de un CDE permite una mejor colaboración y comunicación entre todos los participantes del proyecto, reduciendo el riesgo de errores y duplicación de trabajos (ISO, 2018).

Otra lección que resalta es la relevancia de la colaboración efectiva y la interoperabilidad entre diferentes disciplinas y plataformas de software. La norma ISO 19650 promueve un enfoque colaborativo, donde la información se comparte y se actualiza de manera continua entre los miembros del equipo de proyecto. Esto no solo mejora la eficiencia del proyecto, sino que también facilita la detección temprana de problemas y la toma de decisiones informadas (ISO, 2018).

En el mismo orden de ideas, La implementación de BIM conforme a la norma ISO 19650 también

ha revelado la necesidad de una capacitación continua y el desarrollo de habilidades para todos los actores involucrados. La transición a metodologías BIM requiere que los profesionales no solo comprendan el uso de nuevas herramientas digitales, sino que también se adapten a nuevas formas de trabajo colaborativo y gestión de la información. Este aspecto es fundamental para asegurar una adopción efectiva (ISO, 2018).

Por último, la gestión del cambio y la adaptación cultural dentro de las organizaciones son aspectos críticos que no deben subestimarse. La implementación de BIM bajo la ISO 19650 implica un cambio significativo en los procesos tradicionales de trabajo, lo que puede generar resistencia inicial. Sin embargo, con una adecuada gestión del cambio, que incluya la comunicación clara de los beneficios y el apoyo constante a los equipos, es posible superar estos desafíos y lograr una adopción exitosa de BIM (ISO, 2018).

CASOS DE IMPLEMENTACIÓN

La norma ISO 19650 ha sido utilizada en diversos proyectos arquitectónicos alrededor del mundo, proporcionando un marco estandarizado para la gestión de información con BIM. A continuación, se detallan cuatro proyectos destacados donde se ha utilizado esta norma para la gestión de la información y en la Tabla 23 se sistematizan las métricas de la disciplina arquitectura y de allí las conclusiones más importantes derivadas de la

implementación de la ISO 19650 en proyectos de arquitectura.

Modernización del Aeropuerto de Heathrow (Reino Unido)

El Aeropuerto de Heathrow implementó en su proyecto de modernización la norma ISO 19650 para la gestión de información. Las métricas obtenidas mostraron una reducción del 15% en los costos de construcción y un 10% en el tiempo de entrega del proyecto. La adopción de un entorno común de datos (CDE) mejoró significativamente la colaboración entre las diferentes partes involucradas, resultando en una disminución del 25% en los errores de diseño y construcción (Heathrow Airport Limited, 2020).

Renovación del Hospital Karolinska (Suecia)

En la renovación del Hospital Karolinska, la implementación de la norma ISO 19650 permitió una gestión eficiente de la información, lo que resultó en una mejora del 25% en la eficiencia operativa del proyecto. Las métricas de rendimiento mostraron una reducción del 18% en el desperdicio de materiales y una mejora del 20% en la coordinación entre equipos de diseño y construcción. Este proyecto destacó la importancia de la interoperabilidad y la colaboración efectiva promovidas por la norma (Skanska, 2021).

Infraestructura del Metro de Sídney (Australia)

El proyecto del Metro de Sídney adoptó la norma ISO 19650 para gestionar la complejidad de la información en su fase de diseño y construcción. Las métricas revelaron una reducción del 18% en los costos de gestión de información y una mejora del 28% en la precisión de los modelos BIM. Además, la implementación del CDE facilitó una comunicación más efectiva, reduciendo el tiempo de respuesta a problemas emergentes en un 35% (Transport for NSW, 2021).

Viviendas Sociales en Barcelona (España)

El proyecto de viviendas sociales en Barcelona implementó la norma ISO 19650 para mejorar la eficiencia y calidad del proyecto. Las métricas indicaron una reducción del 10% en los costos totales del proyecto y un 8% en el tiempo de entrega. La adopción de un CDE permitió una mejor coordinación y comunicación entre las partes interesadas, resultando en un 15% menos de errores y conflictos en el diseño y construcción (Ajuntament de Barcelona, 2021).

La implementación de la norma ISO 19650 en proyectos internacionales de gran envergadura ha demostrado que se constituye como una herramienta clave para mejorar la eficiencia y la calidad en la construcción. Los proyectos analizados, como la modernización del Aeropuerto de Heathrow, la renovación del Hospital Karolinska, la expansión del Metro de Sídney y la construcción de viviendas sociales en Barcelona, han mostrado resultados sig-

nificativos en varios indicadores clave.

En primer lugar, la reducción de errores de diseño se destaca como uno de los beneficios más importantes, con mejoras que oscilan entre el 15% y el 30%. Esto se traduce en una disminución de retrabajos y una mejor coordinación entre los equipos productivos (BSI Group, 2018a). La mejora en la eficiencia operativa, con aumentos de hasta un 25%, resalta la capacidad de la norma para optimizar procesos y facilitar una gestión más efectiva de los recursos (BSI Group, 2018b).

Además, la reducción de costos de construcción, que varía entre el 10% y el 18%, que junto a la reducción del tiempo de entrega, acentúa cómo la planificación y gestión de proyectos basada en BIM puede llevar a ahorros económicos significativos y a cumplir con los plazos establecidos (Heathrow Airport Holdings, 2019; Sydney Metro Authority, 2017). Esto es especialmente relevante en proyectos complejos como la expansión del metro de Sídney, donde la complejidad del terreno y los estrictos plazos han sido manejados eficazmente.

Sin embargo, estas experiencias han dejado retos importantes que afrontar. En los proyectos analizados se aprecian diferencias entre cada uno. Mientras que en el proyecto de Heathrow la coordinación entre diversas disciplinas y las restricciones regulatorias representaron los mayores desafíos en el proyecto del Hospital Karolinska, la integración

de nuevas tecnologías y la gestión de cambios fueron críticos al momento de manejar. En Barcelona, por su parte, BIM jugó a favor de la subvención y la aceptación social como factores determinantes para el éxito del proyecto de estas viviendas sociales (Ayuntamiento de Barcelona, 2016).

En resumen, la norma ISO 19650 proporciona un marco robusto y eficaz para la gestión de información en proyectos BIM, y su implementación ha resultado en mejoras significativas en términos de

costos, tiempo y calidad de los proyectos (Figura 18).

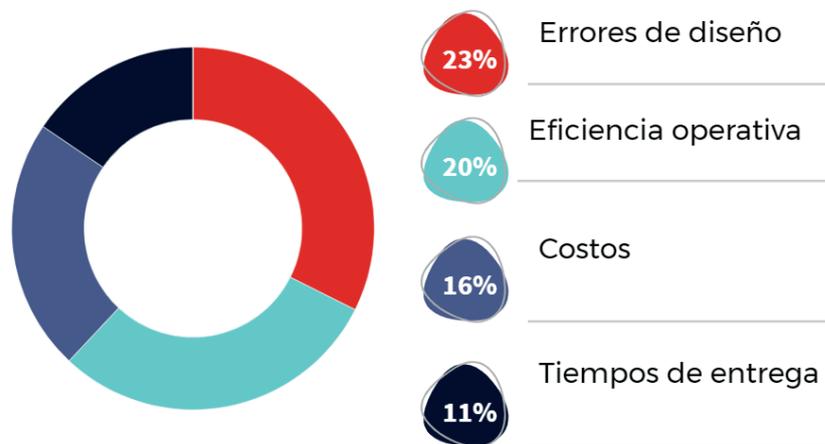


FIGURA 18. Efectividad de la ISO 19650 en la gestión de la disciplina arquitectura.

La gestión efectiva del proyecto y la comunicación entre los equipos son fundamentales para el éxito del modelo BIM, es decir, la resolución de problemas y la toma de decisiones informadas.

TABLA 23. Ventajas de la ISO 19650 en proyectos arquitectónicos

INDICADOR (DISCIPLINA ARQUITECTURA)	Modernización Aeropuerto Heathrow (Reino Unido)
Alcance del Proyecto	Expansión y modernización de terminales
Año	2019-2024
Duración del Proyecto	5 años
Inversión Total	£ 14.8 mil millones
Norma BIM Utilizada	ISO 19650
Equipo de trabajo en arquitectura	10 equipos
Reducción de Errores de Diseño	25%
Mejora en la Eficiencia Operativa	20%
Reducción de Costos de Construcción	15%
Reducción del Tiempo de Entrega	10%
Tecnologías y Herramientas Utilizadas	BIM 360, Revit, Navisworks
Principales Beneficios Observados	Mejor coordinación, menos conflictos
Retos Enfrentados	Gestión de múltiples involucrados

Renovación Hospital Karolinska (Suecia)	Infraestructura Metro de Sídney (Australia)	Viviendas Sociales en Barcelona (España)
Renovación y modernización integral	Expansión de la red de metro	Construcción de viviendas sociales
2014-2018	2017-2024	2016-2020
4 años	7 años	4 años
SEK 14.5 mil millones	AUD 16.8 mil millones	€ 300 millones
ISO 19650	ISO 19650	ISO 19650
8	12	6
30%	20%	15%
25%	22%	18%
18%	12%	10%
15%	12%	8%
Revit, Solibri, BIM 360	Revit, Solibri, BIM 360	Revit, ArchiCAD
Aumento de calidad, mejor gestión de cambios.	Mejor precisión en datos, mayor productividad	Mayor calidad constructiva, reducción de costos
Coordinación de distintas fases	Complejidad del terreno, integración de sistemas	Adaptación a nuevas tecnologías

La industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) ha experimentado un cambio significativo gracias a la introducción del modelado de información de edificios (BIM), ofreciendo una metodología y tecnologías asociadas para la planificación, diseño, construcción y gestión de proyectos. La información detallada contenida en los modelos es primordial para el éxito de BIM. En este libro se enfatizó la importancia de la información detallada en el modelado y la relación de este con Nivel de Desarrollo (LOD), los Requisitos de Información del Empleador (EIR) y el Plan de Ejecución BIM (BEP), para que BIM ocurra.

El modelo BIM es una representación que permite identificar y resolver problemas de construcción antes de la ejecución del proyecto en sitio. Por consiguiente, los modelos BIM deben cumplir con los requisitos técnicos y considerar condiciones reales de construcción en el proceso de modelado. Este enfoque integrado facilita la coordinación de actividades y la planificación de recursos, optimizando el uso de materiales y mano de obra.

Para un modelador, la comprensión de conceptos propios del entorno BIM como la interoperabilidad, Usos BIM, sistemas de clasificación estandarizados y los elementos del triángulo de gestión (BEP, EIR y LOD), mejora su desempeño y comunicación con los diversos equipos de trabajo de un proyecto de construcción, así como también aumenta la calidad y precisión de su modelado. Los modeladores pueden anticipar y resolver problemas, optimizar el flujo de trabajo y certificar que los modelos cumplan con los requisitos del proyecto y las expectativas del cliente (Forcael et al, 2020).

Al especificar el nivel de desarrollo requerido, LOD, los modeladores pueden garantizar que la información entregada es segura para la toma de decisiones. Esto es particularmente importante en etapas avanzadas como el LOD 350, 400 y 500, donde los modelos deben proporcionar en detalle las formas de fabricación y

la construcción, tanto como para la gestión de las instalaciones post-construcción (Smith, 2014).

Dentro de este orden, el LOD es una directriz que especifica el grado de precisión y detalle necesario para representar las necesidades de información del cliente en cada elemento. Este es un componente que se formaliza en los EIR o Requisitos de Información del Empleador, un documento que plasma las exigencias del cliente destacando qué información se necesita, en qué momento y formato. Es así como este elemento actúa como guía sobre la información a producirse durante el proyecto y los estándares que deben cumplir todos los participantes en el mismo.

El BEP es la respuesta BIM a los EIR. Su enfoque está en proporcionar una hoja de ruta clara para la implementación de BIM, de tal forma que los objetivos del proyecto se alcancen con efectividad y eficiencia. El BEP ofrece las pautas a seguir para la creación, intercambio y gestión de la información del modelo, en un proceso uniforme y estandarizado. En otras palabras, mientras que el EIR establece las necesidades y expectativas del cliente respecto a la información del proyecto, el BEP describe cómo se cumplirán esas expectativas en la práctica, detallando los procesos, roles, responsabilidades y herramientas necesarias para la implementación efectiva de BIM en el proyecto.

El próximo paso de modelado está en la coordinación. La coordinación en BIM es un proceso completo que implica la integración de modelos disciplinares en un modelo integrado o federado. Antes de que este proceso ocurra desde el modelado se deben certificar diversos aspectos del modelo como la precisión geométrica, la integridad de la información, la asignación precisa de propiedades y parámetros y la adherencia a los niveles de desarrollo (LOD) establecidos, y esta tarea se conoce como auditoría de modelo. Además, en estas tareas de revisión se analizan posibles conflictos y la interoperabilidad entre los diversos sistemas y disciplinas involucradas.

Las auditorías de modelado son importantes porque afectan directamente el proceso de integración o federación de modelos, una integración que facilita la detección y resolución de conflictos y la visión integral del proyecto y su construcción.

La creación y mantenimiento de modelos digitales es una de las funciones principales del modelador. La ISO 19650 establece que la creación de estos modelos requiere el cumplimiento de los protocolos y flujos de trabajo establecidos en el Plan de Ejecución BIM detallado (ISO, 2018). Esto comprende la asignación adecuada de roles y responsabilidades, así como el establecimiento de entregables y plazos. El modelador debe asegurarse de que cada elemento del modelo cumpla con los niveles de información requeridos, lo que permitirá que todos los participantes del proyecto se comuniquen de manera clara y precisa.

Por último, la implementación de la metodología BIM según la norma ISO 19650 en proyectos de construcción proporciona métricas que demuestran claramente los beneficios significativos en términos de reducción de costos, mejora de la eficiencia operativa, reducción de errores y optimización del tiempo de entrega. La forma en que se llevan a cabo los proyectos de construcción ha cambiado gracias a la adopción de un enfoque estandarizado y colaborativo, una gestión eficiente de la información y una capacitación del personal de proyectos. Estos hallazgos destacan la necesidad de continuar adoptando y mejorando estas técnicas, para alcanzar niveles aún más altos de eficiencia y calidad en el desarrollo futuro de proyectos de construcción.

REFERENCIAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE TÉRMINOS

REFERENCIAS

AhaSlides. (2024). *Waterfall Methodology | 2024 Comprehensive Handbook*.

Analytics Vidhya. (2024). *Top 10 Powerful Data Modeling Tools to Know in 2024*.

Aranda-Mena, G., Crawford, J., Chevez, A., & Froese, T. (2009). Building information modeling demystified: Does it make business sense to adopt BIM?. *International Journal of Managing Projects in Business*, 2(3), 419-434.

Autodesk Revit 2018 Architecture Fundamentals. (2018). SDC Publications.

Autodesk Revit 2018 Structure Fundamentals. (2018). SDC Publications.

Autodesk Revit 2019 for Architecture. (2019). SDC Publications.

Autodesk. (2021). *Revit Best Practices Guide*. Recuperado de Autodesk Knowledge Network.

Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241-252.

Becerik-Gerber, B., & Kensek, K. (2010). Building information modeling in architecture, engineering, and construction: Emerging research directions and trends. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 136(3), 139-147. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000023](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000023)

BIM Forum Chile. (2021). *Guía BIM Forum Chile*. Santiago, Chile: BIM Forum Chile.

BIM Forum. (2023). *Level of Development Specification. Specification 2023 Part I & Commentary*. BIM Forum.

British Standards Institution. (2013). *PAS 1192-2:2013: Specification for information management for the ca-*

- pital/delivery phase of construction projects using building information modelling*. BSI Standards Limited.
- British Standards Institution. (2015). *BS 8536-1:2015 Briefing for design and construction. Code of practice for facilities management (Buildings infrastructure)*. BSI Standards Limited.
- BSI Group. (2018a). *ISO 19650-1: 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*.
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971-980.
- BSI Group. (2018b). *ISO 19650-2: 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*
- BuildingSMART International. (2020). *Guidelines for Information Management in Building Information Modelling (BIM)*. BuildingSMART International.
- Cheng, J. C., & Lu, Q. (2015). A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 20(4), 442-478.
- Cheng, J., & Lu, Q. (2020). Developing a framework for BIM implementation in the AEC industry. *Automation in Construction*, 110, 103015. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103015>
- Chilean BIM Standards. (2020). *Normativa Nacional para Modelado BIM*. Comisión Nacional de Productividad. Recuperado de <https://planbim.cl/documentos/estandar-bim-para-proyectos-publicos/> el 7 de julio de 2024.
- Construction Specifications Institute. (2020). *MasterFormat 2020*.
- Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., & McNiff, S. (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction*, 36, 145-151.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons.

Epstein, E. (2012). *Implementing successful building information modeling*. Artech House. ISBN 9781608071395.

EUBIM. (2021). *Manual de Uso de BIM*.

Forcael, E., Martínez-Rocamora, A., Sepúlveda-Morales, J., García-Alvarado, R., Nope-Bernal, A., & Leighton, F. (2020). Behavior and performance of BIM users in a collaborative work environment. *Applied Sciences*, 10(6), 2199.

Gao, G., Wu, X., & Xu, Y. (2020). The impact of BIM on cost management in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(5), 04020038.

Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., & Raahemifar, K. (2017). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1046-1053.

BIM Forum Chile. (2021). *Guía para la implementación de BIM en Chile* BIM Forum Chile.

BIM Forum España. (2020). *Guía para la implementación de BIM en España*. BIM Forum España.

Gould, F. E., & Joyce, N. E. (2009). *Construction project management*. Prentice Hall

Hardin, B., & McCool, D. (2020). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows (2nd ed.)*. Wiley.

Hartmann, T., Gao, J., & Fischer, M. (2008). Areas of application for 3D and 4D models on construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(10), 776-785.

Holzer, D. (2016). *The BIM Manager's Handbook: Guidance for Professionals in Architecture, Engineering, and Construction*. John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 9781118982426.

Instituto de la Construcción. (2020). *Normativa Nacional para Modelado BIM*. Gobierno de Chile.

International Code Council. (2024). *International Building Code. ICC. Disponible en <https://codes.iccsafe.org/content/IBC2024P1>*

International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 19650-1: 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*.

International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 19650-2: 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*.

Khanzode, A., Fischer, M., & Reed, D. (2008). Benefits and lessons learned of implementing building virtual design and construction (VDC) technologies for coordination of mechanical, electrical, and plumbing (MEP) systems on a large healthcare project. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 13, 324-342.

Karolinska University Hospital. (2018). *Renovation and Expansion Project Report*. Recuperado de [enlace].

Kensek, K. (2018). *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice*. John Wiley & Sons.

Kreider, Ralph G. and Messner, John I. (2013). "The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses".

Version 0.9, September, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.

Krygiel, E., & Nies, B. (2008). *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. Wiley.

Liu, R., Issa, R. R., & Olbina, S. (2020). Factors influencing the adoption of building information modeling (BIM) for design and construction projects. *Construction Management and Economics*, 38(5), 425-445.

Ma, Z., Liu, Z., & Liu, S. (2021). Cost management with 5D BIM: Case studies and analysis. *Journal of Building Engineering*, 44, 102633.

Ministerio de Obras Públicas de Chile. (2020). *Norma BIM para proyectos públicos: Normativa nacional para modelado BIM en Chile*.

Monteiro, A., & Poças Martins, J. (2013). A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. *Automation in Construction*, 35, 238-253.

National Institute of Building Sciences. (2020). *National BIM Guide for Owners*. National Institute of Building Sciences.

Nawari, N. O., & Kuenstle, M. (2015). *Building Information Modeling: Framework for Structural Design*. CRC Press.

Nawi, M. N. M., Baluch, N., & Bahauddin, A. Y. (2021). Pre-construction planning in construction projects. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 16(3), 451-461.

- PNB Merdeka Ventures Sdn Berhad. (2022). *Merdeka 118 Tower Project*.
- RIBA. (2020). *RIBA Plan of Work 2020*. Royal Institute of British Architects.
- Sabol, L. (2008). Challenges in cost estimating with building information modeling. *Design + Construction Strategies*.
- Sacks, R., Eastman, C. M., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers* (3rd ed.). Wiley.
- Sacks, R., Gurevich, U., & Rozenfeld, O. (2018). A review of building information modeling protocols and guidelines for construction projects. *Automation in Construction*, 89, 21-33.
- Skanska. (2021). *Karolinska Hospital Renovation*.
- Smith, D. K., & Tardif, M. (2018). *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide*. John Wiley & Sons.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357-375.
- Sydney Metro Authority. (2017). *Sydney Metro Expansion Plans*. Recuperado de [enlace].
- Transport for NSW. (2021). *Sydney Metro Project*.
- United-BIM. (2024). *5 Game-Changing BIM Trends in 2024*.
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2018). Building information modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs. *Automation in Construction*.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Modelar para BIM.	13
FIGURA 2. Triángulo de gestión para el modelo BIM.	23
FIGURA 3. BIM en cada fase del proyecto y sus alcances.	44
FIGURA 4. Caso 1.	50
FIGURA 5. Detalle constructivo planta y sección, Caso 1.	51
FIGURA 6. Detalle prioridades , Caso 1.	53
FIGURA 7. Caso 2.	55
FIGURA 8. Detalle constructivo planta y sección, Caso 2.	56
FIGURA 9. Prioridades , Caso 2.	58
FIGURA 10. Caso 3.	59
FIGURA 11. Detalle constructivo planta y sección, Caso 3.	60
FIGURA 12. Prioridades , Caso 3.	62
FIGURA 13. Caso 4.	63
FIGURA 14. Detalle constructivo planta y sección, Caso 4.	64
FIGURA 15. Prioridades de modelado, Caso 4.	66
Figura 16. Proceso de gestión de información según la ISO 19650.	104
Figura 17. Estructura y contenedores de información ISO 19650-1, 2018.	115
FIGURA 18. Efectividad de la ISO 19650 en la gestión de la disciplina arquitectura.	120

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Componentes principales del EIR.	28
TABLA 2. Niveles de Desarrollo LOD en la Fase Preconstructiva	32
TABLA 3. Estructura de los sistemas de clasificación.	39
TABLA 4. Sistemas de Clasificación.	40
TABLA 5. Prioridades de modelado, Caso 1.	53
TABLA 6. Conjuntos constructivos de arquitectura.	54
TABLA 7. Prioridades de modelado, Caso 2.	58
TABLA 8. Prioridades de modelado, Caso 3.	62
TABLA 9. Prioridades de modelado, Caso 4.	66
TABLA 10. Parámetros de la pared.	70
TABLA 11. Parámetros de zócalo o barredera .	71
TABLA 12. Parámetros del piso arquitectónico.	72
TABLA 13. Parámetros del Cielorraso.	73
TABLA 14. Parámetros del acabado arquitectónico de techo (entrepiso) .	74
TABLA 15. Parámetros del acabado de viga de hormigón.	75
TABLA 16. Parámetros del tabique.	76
TABLA 17. Parámetros de rendimiento de los materiales.	77
TABLA 18. Errores más comunes en auditorías de modelos arquitectónicos.	86
TABLA 19. Estrategias de integración software 4D con modelo BIM.	94
TABLA 20. Estrategias de integración software 5D con modelo BIM.	95
TABLA 21. Información necesaria LOIN por fase del proyecto.	108
TABLA 22. Roles y permisos en el CDE.	116
TABLA 23. Ventajas de la ISO 19650 en proyectos arquitectónicos	123

ÍNDICE DE TÉRMINOS BIM

AIM (Asset Information A2:B40Model)	45
AIA (American Institute of Architects)	27, 43,
Alcance	18, 22, 23, 29, 30, 41, 42, 122
Archivado (carpeta)	107, 110,
Auditoría	16, 26, 27, 29, 31, 82,84,102, 103,111,114
BEP (BIM Execution Plan)	16, 21, 27, 29, 34, 46,101, 104, 117,
Ciclo de vida	19, 22, 27, 29, 38, 42, 43, 67, 91, 99, 100, 102, 106,
CDE (Common Data Environment)	17, 20, 34, 86, 92
Cobie (Construction-Operations Building Information Exchange)	25, 37,
Código de entidad IFC	69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76,
Compatido (carpeta)	101, 110, 111, 115,
Contenedor de información	102,106, 107, 110, 111,
Coordinación	17, 26, 27, 29, 30, 31, 32,33, 34, 41, 46, 47, 82, 83, 86, 88, 89, 90, 91, 99, 101, 110, 114, 122,
EIR	17, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 100, 101, 104,
Estándares	17, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 34, 36, 46, 52, 67, 69, 82, 83, 85, 92, 100, 101, 102, 103, 111,
Formato	17, 18, 22, 25, 26, 28, 29, 34, 36, 37, 83, 85, 94, 100, 107,
Georeferenciación	18
Gestión	21, 24, 25, 26, 97,
IFC (Industry Foundation Classes)	17, 18, 25, 26, 36, 67, 69, 85, 94, 111,
Interferencias	17, 20, 28, 32, 81, 82, 85, 86, 88, 89,
Interoperabilidad	18, 19, 25, 26, 34, 36, 37, 67, 69, 85, 99, 100, 101, 107, 117, 118,
ISO 19650	96
Jerarquía cosntructiva	52, 57, 65
LOD (Level of Detail)	18, 21, 23, 25, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 90, 95, 103, 108, 111,
LOIN (Level of Information Need)	18, 103, 106, 108,
Matriz de interferencias	88
Modelado BIM	16
Nomenclatura	19, 25, 34, 82, 84, 111, 112, 113,
Open BIM	19
Parámetro	19, 35, 67, 68,69,70,71,72,73,74,75,76,77
PIM (Project Information Model)	44
Preconstrucción	19, 31, 34, 35, 41, 44, 111, 113,
Prioridades de modelado	52, 53, 57, 58, 62, 66

Protocolo	22,34, 36, 100, 101, 103, 113,
Publicado (carpeta)	107, 110, 111, 115,
Requisitos de información	17, 21, 22, 24, 31, 34, 100, 101,
Rol	20, 102, 111, 114, 116,
Sistemas de clasificación	34, 37, 38, 39, 40,
Usos BIM	20, 41, 46, 82.
WIP (Work in Progress, carpeta)	20, 107, 111, 112, 115.

EL corazón del BIM es el modelado tridimensional. Más allá de la geometría, caras, aristas y vértices, los modelados BIM incorporan datos ricos en información sobre materiales, costos, especificaciones técnicas o interoperabilidad en cada componente del edificio. Esta riqueza de datos permite una toma de decisiones informada y favorece una colaboración más precisa en los equipos de proyectos. Como resultado, en el ejercicio profesional de la industria AEC, la adopción de BIM se ha convertido en un catalizador para la eficiencia y efectividad en los proyectos de construcción ofreciendo una metodología de avanzada para la planificación, diseño, ejecución y gestión de edificios.

Modelar para BIM: arquitectura, es un texto que busca orientar a modeladores y practicantes de BIM en el modelado arquitectónico para que BIM ocurra en la fase preconstructiva, esto es crear un modelo de información preciso, interoperable y útil. El libro aborda el modelado de información de elementos arquitectónicos en su contexto constructivo integrándolos en un triángulo de gestión: EIR, LOD y BEP.

A modo de casos, se presentan elementos del sistema arquitectónico en interacción con otros elementos del mismo sistema o diferente. Se detalla la información necesaria en la fase preconstructiva del proyecto y su utilidad en las dimensiones BIM de tiempo (4D) y costos (5D).

Bajo los principios fundamentales, que todo modelador BIM debe dominar, los cuatro capítulos están organizados según los datos a considerar, cómo utilizarlos y cómo gestionarlos en un entorno BIM. Cada capítulo aborda de manera progresiva criterios de modelado, integración y gestión de información dentro de un marco normado y estandarizado.

Finalmente, vale subrayar que el libro busca dejar por sentado que para dominar la creación de un modelo arquitectónico en BIM, el modelador debe tener un conocimiento conceptual y técnico, que va desde la comprensión de los niveles de desarrollo (LOD) hasta la integración de sistemas de clasificación y criterios de interoperabilidad en el modelado. Para lograrlo el candidato a modelador BIM arquitectónico debe ser un profesional con formación en el área de la construcción civil, experiencia en el uso de las herramientas BIM y con capacidad de trabajar en equipo.



ISBN: 978-9942-808-71-4

