

Guía para la implementación de Building Information Modelling a nivel de pilotos en proyectos de construcción pública





Clasificaciones JEL: N66, O14, O33

Palabras clave: Building Information Modelling (BIM), innovación, digitalización, construcción

Autores

Carolina Soto

Sebastian Manriquez

Nayib Tala

Claudia Suaznabar

Pauline Henriquez

Diagramación

Beyup Global / Cristaliza Internacional

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Nótese que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.





CONTENIDOS

TÉRMINOS, DEFINICIONES Y NOMENCLATURA	4
1 INTRODUCCIÓN A LA GUÍA	9
2 OBJETIVO DE LA GUÍA	14
3 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN BIM EN PROYECTOS PILOTO	17
4 FASE 1: SELECCIÓN DEL PILOTO BIM	19
5 FASE 2: PLANIFICACIÓN DEL PILOTO BIM	24
6 FASE 3: DIAGNÓSTICO Y DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN Y CREACIÓN DE CAPACIDADES	29
7 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DEL PILOTO	38
8 ACCIÓN TRANSVERSAL: CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN	70
9 REFERENCIAS	73
10 ANEXOS	75



TÉRMINOS, DEFINICIONES Y NOMENCLATURA



Para los fines de la presente Guía se utilizarán los siguientes términos y definiciones:

B

BIM: Building Information Modelling (BIM) “es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual”¹. De manera complementaria, según la definición de la ISO 19650, BIM es una representación digital compartida de un activo elaborado para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación con el objeto de generar una base confiable para la toma de decisiones.²

C

Ciclo de vida: Secuencia de etapas por las cuales pasa un activo de infraestructura o edificación,³ desde la definición de sus requisitos iniciales y la planificación, pasando por su diseño, construcción, operación y mantenimiento, hasta el posterior desmantelamiento o la finalización del uso.

Contratistas:⁴ Conjunto de proveedores a cargo del diseño, la construcción y/o la operación del activo. En general este equipo es externo a la organización (contratista), aunque en algunos casos puede tratarse de un equipo interno que tenga a su cargo el desarrollo de alguna de las fases del ciclo de vida del proyecto.

E

Entorno común de datos (CDE, por sus siglas en inglés, *common data environment*): “Fuente única de información para recopilar, gestionar y difundir documentos y modelos para equipos multidisciplinares, a través de un proceso estandarizado. Un CDE suele contener un sistema de gestión documental que facilita la transferencia de información entre los participantes de un proyecto”.⁵

Equipo del proyecto:⁶ Conjunto de personas que pertenecen a la organización responsable de la gestión, contratación, fiscalización y/o supervisión del proyecto de construcción y que va a realizar el piloto con BIM. Normalmente, el equipo del proyecto es la parte que contrata el desarrollo de estudios, obras, bienes o servicios del proyecto. Dicho equipo puede formar parte de organizaciones como ministerios, organismos, unidades ejecutoras de programas, etc.

1. Definición de Bilal Succar, adaptada al español por Planbim de Corfo (2019). Véase también <https://bimdictionary.com/en/common-data-environment/1/>.

2. Basado en ISO 19650-1:2018.

3. Basado en ISO 19650-1.2:2018; 3.2.29.

4. También denominado “*appointed party*” o parte contratada, de acuerdo con ISO 19.650-1.

5. Véase la nota al pie 1.

6. También denominado “*appointing party*” o parte contratante, de acuerdo con ISO 19.650-1.



F

Facilitador BIM: Persona o equipo que posibilita y acompaña la implementación de BIM en el piloto y apoya el desarrollo de las capacidades del equipo del proyecto. El facilitador BIM puede ser interno o externo a la organización.

I

IFC (Industry Foundation Classes):⁷ Estándar abierto y neutral para el intercambio de información por medio de modelos BIM, que permite la interoperabilidad independiente del *software* utilizado. El esquema IFC es un modelo estandarizado de datos que codifica y organiza de manera lógica las distintas características y atributos de los elementos que componen un modelo BIM. Fue desarrollado por buildingSMART International y es reconocido en el ámbito internacional por medio de las normas ISO 16739-1:2018.

Imprevisto: Evento o situación que ocurre en un proyecto, que resulta en desvíos de alcance, tiempo o costo en relación con lo inicialmente planificado.

Información:⁸ Representación de un conjunto organizado de datos, adecuada para la comunicación, la interpretación o el procesamiento.

Interoperabilidad: En metodología BIM, se trata de la capacidad de intercambiar datos de modelos BIM entre diferentes actores, independientemente del *software* utilizado.

L

Línea base del proyecto: Datos recolectados al inicio de la ejecución de un proyecto piloto que permiten medir un conjunto de variables clave seleccionadas para dimensionar su desempeño. Contar con una línea base y grupos de control posibilita realizar una adecuada medición del desempeño de un proyecto piloto al final de su ejecución.

M

Madurez BIM: Estado de las capacidades humanas, tecnológicas, metodológicas y de procesos BIM con las que cuenta una organización, un proyecto, un individuo o un país. La madurez BIM suele evaluarse a través de la aplicación de un marco estandarizado de medición que permite comprender el grado de competencias y habilidades específicas BIM presentes de manera habitual en una organización.

7. Basado en ISO 16739-1:2018.

8. Basado en ISO 19650-1:2018.



Mapa de procesos: Representación gráfica del flujo de trabajo secuencial de un grupo de actividades que se encuentran relacionadas entre sí y se desarrollan sistemáticamente con el objetivo de producir estudios, obras, bienes o servicios.

Modelo BIM: Es el modelo digital tridimensional formado por entidades y objetos ricos en datos estructurados, que se desarrolla gracias al *software* BIM;⁹ por medio de estos modelos, se gestiona y se despliega la información gráfica y no gráfica de un activo.

N

Nivel de información (NDI):¹⁰ Marco o protocolo que define el alcance y la granularidad de la información, lo cual involucra el contenido geométrico y de datos en términos de calidad, cantidad y granularidad, aplicado a objetos del modelo BIM.

O

Objeto del modelo (entidad): Entidad virtual que representa un objeto físico o abstracto de construcción (BSI, 2014).¹¹

Organización: Institución pública que requiere la incorporación de BIM en un proyecto o en un conjunto de proyectos. Puede ser un ministerio o un organismo gubernamental.

P

Parámetro BIM: Dato o información capaz de ser contenidos en un objeto o entidad BIM.

Plan de Ejecución BIM (PEB): También denominado “planificación del desarrollo de la información” en la ISO 19650-1:2018, es un documento preparado por la parte contratista, que debe ser formulado en respuesta al requerimiento para el intercambio de información (EIR, por sus siglas en inglés, *exchange information requirements*). Debe reflejar el alcance de la incorporación de BIM a lo largo de las etapas del ciclo de vida del proyecto.¹²

R

Requerimientos para el intercambio de información (EIR):¹³ Especificaciones sobre qué, cuándo, cómo y para quién se debe producir la información de un proyecto. Estos requerimientos suelen surgir en el marco de un contrato de obras, bienes o servicios, pero también pueden usarse sin que exista una vinculación formal entre las partes o entre unidades de una organización.

9. Véase www.bimdictionary.com.

10. Basado en ISO 19650-1:2018.

11. Código BS 1192-4:2014.

12. Basado en ISO 19650-1:2018.

13. Basado en ISO 19650-1:2018.



Según la ISO 19650,¹⁴ se trata de las consideraciones mínimas necesarias de un requerimiento para el intercambio de información.¹⁵ Estos requerimientos abarcan, al menos, los aspectos relacionados con los siguientes puntos:

- Los objetivos y metas BIM del proyecto.
- Los aspectos de gestión (estándares, procesos, colaboración y responsabilidades) de la producción de la información y datos.
- Los aspectos técnicos (Usos BIM, especificidad de la información y los datos, entregables) de la producción de información y datos.
- La especificación de cómo y cuándo se intercambiará la información.

Roles BIM: Funciones específicas a cargo de los distintos actores que participan en un proyecto BIM a lo largo de las etapas del ciclo de vida del proyecto, tales como coordinación, gestión, revisión, etc.

T

Tipología de proyectos: Clasificación que permite organizar los proyectos según el tipo de función o sector específico de desarrollo; por ejemplo i) edificación, ii) infraestructura, iii) obra civil. Estos sectores pueden tener múltiples subclasificaciones,¹⁶ según cada organización.

Tipo de Información (TDI): Grupo de datos que pueden estar contenidos en las entidades o en los objetos de los modelos BIM, que están organizados según la utilización que se les puede dar durante las fases y subfases del ciclo de vida de los proyectos (Planbim de Corfo, 2019).¹⁷

14. Se incluyen: requerimientos de información de la organización (OIR), requerimientos de información del activo (AIR), requerimientos de información del proyecto (PIR), requerimientos de intercambio de información (EIR), modelo de información del activo (AIM), modelo de información del proyecto (PIM).

15. En el proyecto o la gestión de un activo, existen diversas contrataciones. Los requerimientos deben formar un conjunto coherente y suficiente para alcanzar los objetivos del contratante.

16. Algunas subclasificaciones pueden ser las siguientes: educativa, hospitalaria, de servicios, urbana, de transporte, aeroportuaria, de agua y saneamiento, relacionada con embalses, represas, energía, etc.

17. Para más detalles, véase el anexo 6.



1 INTRODUCCIÓN A LA GUÍA

2 OBJETIVO DE LA GUÍA

3 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN BIM EN PROYECTOS PILOTO

4 FASE 1: SELECCIÓN DEL PILOTO BIM

5 FASE 2: PLANIFICACIÓN DEL PILOTO BIM

6 FASE 3: DIAGNÓSTICO Y DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN Y CREACIÓN DE CAPACIDADES

7 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DEL PILOTO

8 ACCIÓN TRANSVERSAL: CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN

9 REFERENCIAS

10 ANEXOS



1 Introducción a la Guía

La metodología Building Information Modelling (BIM) es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares, cada vez más utilizado a nivel mundial, que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de manera colectiva en un espacio virtual ([Succar BIM Dictionary](#)). El uso de BIM trae beneficios tangibles en los proyectos de construcción, ya que permite ahorrar tiempo y costos, y reducir los impactos ambientales. La facilitación de la coordinación y el intercambio de información entre los agentes y las fases del ciclo de vida de los proyectos se traduce en una mejor planificación, la minimización de errores y de cambios, una mayor precisión en las necesidades de recursos y la reducción de emisiones gracias a la menor cantidad de desperdicios, todo lo cual redundará en menores costos y tiempos para los proyectos (Neelamkavil y Ahamed, 2012).

En la región de América Latina y el Caribe (ALC), si bien se parte de niveles de adopción inferiores al de países como Reino Unido o Estados Unidos, existe una penetración creciente de BIM, con un aumento gradual y consistente del número de proyectos de construcción que incorporan BIM ya sea por el requerimiento de los contratantes o por iniciativa propia de los contratistas (Lacaze, 2020). Son varios los países de la región que están trabajando para promover la adopción de BIM como requisito para la construcción pública, con foco en la creación o el fortalecimiento de factores habilitantes vinculados con la generación de capacidades humanas y tecnológicas, el desarrollo de estándares y protocolos de trabajo, y el refuerzo de la oferta de formación en BIM. Chile ha sido uno de los pioneros en adoptar un plan nacional de implementación de BIM bajo el liderazgo de Planbim Corfo de Chile con el objetivo de incorporar la metodología BIM en las licitaciones públicas hacia el 2020. Varios países de la región están siguiendo el mismo camino y cuentan hoy con estrategias nacionales para la adopción de BIM con un marco de acción fijado para los próximos años (véase el cuadro 1).



Cuadro 1 • Avances de los países latinoamericanos miembros de la Red BIM

PAÍS	INSTITUCIÓN LÍDER	MANDATO	ESTÁNDARES/ GUÍAS/ DOCUMENTOS	ÁREA DE PROMOCIÓN DE BIM
Argentina	Ministerio de Obras Públicas de la Nación (MOP)	No	Sí ^a	SIBIM-MOP
Brasil	Ministerio de Industria, Comercio Exterior y Servicios	Sí ^b (2029)	No	Comité de Gestión BIM (CG-BIM)
Chile	Corporación de Fomento de la Producción (Corfo)	Sí (2020-25)	Sí ^c	Planbim-Corfo
Colombia	Gobierno de Colombia	Sí (2026)	Sí ^d	Grupo de trabajo BIM
Costa Rica	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica	No	No	Comisión Interinstitucional BIM (CII-BIM)
México	Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)	No	No	SHCP
Perú	Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)	Sí ^e (2030)	Sí ^f	Plan BIM Perú-MEF
Uruguay	Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO)	No	No	CND-MTOP

Fuente: Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos.

a. Véase <https://ppo.obraspublicas.gob.ar/sibim/library>.

b. Ley N.º 14.133/2021 y Decreto Federal N.º 10.306/2020.

c. Véase <https://planbim.cl/>.

d. Véase <https://bim.minvivienda.gov.co/>.

e. Decreto Supremo N.º 237-2019-EF: Aprueba Plan Nacional de Competitividad y Productividad; Decreto Supremo N.º 289-2019-EF: Aprueba Disposiciones para la Incorporación Progresiva de BIM en la Inversión Pública; Decreto Supremo N.º 108-2021-EF: Modifica el Decreto Supremo N.º 289-2019-EF: Aprueba Disposiciones para la Incorporación Progresiva de BIM en la Inversión Pública; Resolución Directoral N.º 0002-2021-EF/63.01: Aprueba Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú; Resolución Directoral N.º 0005-2021-EF/63.01: Aprueba la Nota Técnica de Introducción BIM: Adopción en la inversión pública y la Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM.

f. Véase <https://www.mef.gob.pe/planbimperu/planbim.html>.



Adicionalmente, Argentina, Brasil, Colombia, Chile, Costa Rica, México, Perú y Uruguay están trabajando de forma articulada desde 2018 y han conformado la Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos¹. El objetivo de la Red es aumentar la productividad de la industria de la construcción a través de la transformación digital, y acelerar los programas nacionales de implementación de BIM mediante una labor colaborativa que favorezca y promueva lineamientos comunes, el intercambio comercial y el conocimiento en la región.

Entre los desafíos más importantes para la adopción de BIM, cabe destacar el bajo uso de estándares. Según la encuesta regional de 2020 (Lacaze, 2020), solo el 26% de las firmas encuestadas usuarias de BIM utiliza estándares externos. Los estándares ayudan a definir un lenguaje común y procuran un entendimiento entre las partes que participan de un proyecto. Sin ellos, se produce una alta heterogeneidad en los procesos de trabajo con BIM, lo cual genera malentendidos y atrasos. La necesidad de fomentar un uso de BIM que sea abierto e interoperable impulsó hace un tiempo el desarrollo de una serie de normas internacionales (ISO 16739, ISO 12006-3 e ISO 29481). Su uso creciente y su internacionalización han llevado más recientemente a los países a elaborar un estándar internacional (la serie ISO 19650) y a publicar poco a poco normas técnicas locales derivadas de la ISO. En la actualidad, el desafío es lograr que el sector de la construcción avance en el uso de estos estándares por parte de empresas y organizaciones públicas.

En este contexto, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), a través de su División de Competitividad, Tecnología e Innovación (CTI), y en alianza con Planbim Corfo de Chile, ha decidido desarrollar una herramienta práctica y aplicada que busca facilitar el proceso de implementación de BIM en proyectos de obras y edificaciones públicas de forma estandarizada y consistente con los estándares internacionales, y así contribuir a acelerar la adopción de BIM en la región.

Desde 2018, la División de CTI del BID, en colaboración con otros sectores de la institución, ha estado trabajando en la región, a través de numerosos proyectos, para fomentar el uso de BIM en la construcción pública, e impulsando políticas públicas para acompañar a los países de manera individual y colectiva (a través de la Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos) en el despliegue de planes nacionales BIM, la formación de recursos humanos, el desarrollo de estándares y protocolos de trabajo, y la aplicación de BIM en pilotos de construcción pública.

1. Véase más información sobre el *Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos* en el siguiente enlace: <https://redbimgoblatam.com/>.



Planbim Corfo se inició en 2016 para impulsar la incorporación de BIM en Chile. El programa ha sido pionero en el desarrollo de estándares (Estándar BIM para Proyectos Públicos 2019), guías y material didáctico (*e-learning*, Metodología BIM, becas), y desde 2018 ha impulsado la colaboración en BIM en la región, para lo cual ha liderado la formación de la Red BIM de Gobiernos Latinoamericanos que presidió por dos años.

El desarrollo técnico de los lineamientos incluidos en esta Guía se basa en la metodología para la incorporación de BIM en organizaciones públicas de Planbim, que ha sido adaptada por el Banco para su aplicación a nivel de proyectos en la región de ALC. Por eso, la metodología se presenta de manera general, sin asociarla con estándares ni normas específicos, para que pueda ser fácilmente aplicada en distintos contextos y países. En una sección aparte se explica, con ejemplos, cómo Planbim ha puesto en marcha la metodología en Chile. Asimismo, los recuadros contienen ejemplos que ilustran cómo el Banco ha adaptado la metodología a pilotos en otros países de la región.



1 INTRODUCCIÓN A LA GUÍA

2 OBJETIVO DE LA GUÍA

3 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN BIM EN PROYECTOS PILOTO

4 FASE 1: SELECCIÓN DEL PILOTO BIM

5 FASE 2: PLANIFICACIÓN DEL PILOTO BIM

6 FASE 3: DIAGNÓSTICO Y DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN Y CREACIÓN DE CAPACIDADES

7 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DEL PILOTO

8 ACCIÓN TRANSVERSAL: CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN

9 REFERENCIAS

10 ANEXOS



2 Objetivo de la Guía

2.1 Objetivo principal

El objetivo principal de este documento es presentar una herramienta estandarizada y consistente que facilite los procesos de incorporación de la metodología BIM en proyectos piloto de infraestructura y edificación pública. Esta herramienta cubre los procesos de planificación, desarrollo, implementación, creación de capacidades y evaluación de la metodología BIM en proyectos de construcción pública.

Los objetivos específicos de la Guía son los siguientes:

- Facilitar la comprensión acerca de la implementación de BIM en proyectos de infraestructura y edificación públicas.
- Lograr que los requerimientos de uso de BIM en proyectos públicos se cumplan de manera estandarizada, consistente y alineada con los objetivos de los proyectos.
- Velar por que los flujos de información y datos gestionados sean consistentes y para que los procesos de recolección, gestión e intercambio de datos estén alineados con los objetivos del proyecto.

2.2 ¿A quién está dirigida la Guía?

Esta Guía está dirigida principalmente a organizaciones como ministerios, organismos y unidades ejecutoras de programas, entre otras entidades, así como a facilitadores BIM (personas o equipos que posibilitan y acompañan la implementación de BIM en los proyectos), contratistas y otros actores del sector de la construcción que se hallen involucrados en la planificación, la gestión, el desarrollo, la operación y la supervisión de proyectos de infraestructura y edificación pública.

2.3 ¿Qué no es esta Guía?

Esta Guía metodológica no es un estándar BIM. Constituye más bien un protocolo o una serie de recomendaciones estructuradas para facilitar un adecuado proceso de incorporación de BIM a nivel de proyectos.

Asimismo, esta Guía tampoco es un sustituto de un programa integral de promoción de uso de BIM a nivel nacional, sino que se enfoca únicamente en recomendaciones para la utilización de BIM en proyectos específicos a nivel de piloto. Es decir, la Guía es una herramienta útil para los respon-

sables de políticas que promueven el uso de BIM, pero no cubre la totalidad de las acciones de políticas públicas necesarias para promover un uso extendido de BIM a nivel país.²

2.4 Pilotos BIM

Cuando una organización pública decide comenzar a usar BIM a nivel de proyectos es importante que, como parte de su estrategia de adopción de la metodología, considere la necesidad de construir capacidades humanas y tecnológicas para el uso de BIM en la organización, y que también tome en cuenta la definición de los procesos de trabajo indispensables para su implementación a nivel de proyectos.

Como parte de este proceso de generación de capacidades y definición de procesos, resulta útil llevar a cabo pilotos de uso de BIM en algunas fases del ciclo de vida de un conjunto de proyectos seleccionados. Estos pilotos permiten generar aprendizajes, por ejemplo, sobre la aplicación de BIM a una tipología de proyectos específica, sobre la utilidad del uso de algunas funcionalidades BIM o sobre el funcionamiento de los procesos de trabajo para el uso de BIM en la organización. También se utilizan pilotos buscando crear un efecto demostración de los beneficios que puede traer el uso de la metodología en la organización.³

Sea cual fuere el objetivo del piloto, siempre habrá que definir un marco de evaluación de resultados que permita obtener los aprendizajes esperados e identificar y medir los resultados diferenciales que trae a la organización el uso de BIM. Con esta información, concluidos el o los pilotos, se esperaría que la organización continuase con la adaptación de procesos internos y la creación de capacidades para utilizar BIM de manera permanente e institucionalizada.

Esta Guía incluye lineamientos que cubren las fases de selección, planificación, licitación e implementación del piloto; proporciona un marco de resultados que permite aprovechar los aprendizajes del proceso, y propone acciones para construir capacidades que contribuyan a la sostenibilidad y al escalamiento del uso de BIM en organizaciones públicas.

2. Para más información sobre las acciones de políticas públicas destinadas a promover BIM que se están impulsando en América Latina y el Caribe, véase el cuadro 1.

3. Algunas organizaciones deciden introducir el uso de BIM en proyectos sin tener una estrategia de adopción institucional, apostando por el desarrollo de pilotos ad hoc. En estos casos, si bien con un buen marco de resultados se pueden lograr los aprendizajes y el efecto demostración esperados, el hecho de que se dejen de lado la construcción de capacidades internas y la puesta en marcha de procesos de trabajo con BIM puede resultar en un aprovechamiento subóptimo de la metodología, lo cual es probable que acarree sobrecostos para la organización.



1 INTRODUCCIÓN A LA GUÍA

2 OBJETIVO DE LA GUÍA

3 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN BIM EN PROYECTOS PILOTO

4 FASE 1: SELECCIÓN DEL PILOTO BIM

5 FASE 2: PLANIFICACIÓN DEL PILOTO BIM

6 FASE 3: DIAGNÓSTICO Y DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE
IMPLEMENTACIÓN Y CREACIÓN DE CAPACIDADES

7 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DEL PILOTO

8 ACCIÓN TRANSVERSAL: CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN

9 REFERENCIAS

10 ANEXOS

3 Metodología de aplicación de BIM en proyectos piloto

La metodología para la aplicación de BIM en proyectos piloto consta de cuatro fases consecutivas (esquema 1), que abarcan lo siguiente:

- 1) La **selección** del piloto de la cartera de proyectos que está evaluando la organización pública como candidatos para comenzar a usar BIM.
- 2) La **planificación** de los recursos, los plazos y la organización de procesos necesarios para implementar el piloto BIM.
- 3) El **diagnóstico** y la estrategia para construir capacidades BIM para el piloto.
- 4) La **implementación** del piloto, fase durante la cual se priorizan los Usos BIM y los objetivos específicos del piloto, se prepara el requerimiento para el intercambio de información (EIR) para la licitación, y se acompañan el proceso de licitación y el desarrollo del proyecto.

Estas cuatro fases se apoyan, a su vez, en acciones transversales de capacitación y difusión que se realizan a lo largo de todo el proceso.

Esquema 1 • Fases de la metodología para la aplicación de BIM en proyectos piloto





1 INTRODUCCIÓN A LA GUÍA

2 OBJETIVO DE LA GUÍA

3 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN BIM EN PROYECTOS PILOTO

4 FASE 1: SELECCIÓN DEL PILOTO BIM

5 FASE 2: PLANIFICACIÓN DEL PILOTO BIM

6 FASE 3: DIAGNÓSTICO Y DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN Y CREACIÓN DE CAPACIDADES

7 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DEL PILOTO

8 ACCIÓN TRANSVERSAL: CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN

9 REFERENCIAS

10 ANEXOS



4 Fase 1: Selección del piloto BIM

4.1 Objetivo

El objetivo de esta fase es identificar uno o varios proyectos piloto que cuenten con las condiciones necesarias para aplicar la metodología BIM, sobre la base de un análisis objetivo de la naturaleza del proyecto y de las condiciones para su implementación.

A continuación, se detallan las acciones para la elección de estos proyectos piloto (véase el cuadro 2).

4.2 Acciones

El facilitador BIM, junto con el equipo del proyecto, integrado por representantes de la organización pública, debe hacer un relevamiento de los potenciales proyectos piloto que se podrían realizar dentro de los plazos definidos. Posteriormente, el equipo del proyecto debe analizar los posibles proyectos piloto en base a los criterios que se detallan en el cuadro 2.

Cuadro 2 • Resumen de criterios para la selección de pilotos

ÍTEM	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PROYECTOS PILOTO BIM
1	Tipología y naturaleza del proyecto: a) Tipología b) Plazos del proyecto c) Etapa del ciclo del proyecto d) Nivel de complejidad e) Impacto económico del piloto
2	Compromiso institucional
3	Capacidades BIM del equipo del proyecto
4	Capacidades BIM del mercado
5	Contexto nacional: Detección de experiencias previas a) Estrategia nacional BIM b) Estándares y normativa
6	Riesgos y acciones de mitigación



Ítem 1: Tipología y naturaleza del proyecto

- **Tipología:** BIM puede ser utilizado para todo tipo de obra y sector. No obstante, los aportes que puede brindar su aplicación varían en función de las características del proyecto. Por ejemplo, para infraestructura de tipo lineal BIM, muchos usuarios se enfocan en resolver problemas de planificación y logística mientras que, cuando se trata de edificaciones, hay un mayor interés por aplicar BIM en la resolución de conflictos de construcción entre especialidades. En todo caso, siempre se debe partir de la información relacionada con la tipología del proyecto para identificar de forma exhaustiva todos los problemas que podría subsanar BIM en una obra específica y, a partir de ahí, determinar los potenciales Usos BIM y los beneficios para el proyecto.
- **Plazos del proyecto:** Se debe determinar si la planificación del proyecto cuenta con holgura suficiente para realizar las acciones necesarias para la implementación del piloto. Si bien la incorporación de BIM en organizaciones de madurez inicial suele añadir tiempo a los procesos de preparación de la licitación, también permite ganar tiempo en las etapas posteriores del proyecto, como en el desarrollo de la documentación de la fase de diseño, o disminuir el tiempo dedicado a realizar correcciones en la obra debido a errores en las distintas etapas del proyecto.
- **Etapas del ciclo del proyecto:** Los proyectos piloto que puedan incorporar BIM en etapas tempranas obtendrán mayores beneficios con su implementación. Sin embargo, se puede dar curso a BIM a partir de etapas posteriores (construcción u operación), siempre y cuando se dediquen recursos adicionales para cerrar las brechas de información de las etapas previas. Por ejemplo, si un proyecto decide usar BIM recién desde la etapa de construcción, debe invertir recursos en generar el modelo 3D y la información y los procesos necesarios.
- **Nivel de complejidad:** Variables como el número de especialidades involucradas, la normativa local, los potenciales impactos socioambientales o el tipo de contrato inciden en el nivel de complejidad de un proyecto. Hoy por hoy el uso de BIM está ampliamente extendido en obras de alta complejidad como hospitales, subterráneos o autopistas urbanas, puesto que aporta certeza en términos de información, trazabilidad y transparencia de los procesos. Sin embargo, pueden existir proyectos de baja complejidad que, por su potencial de replicabilidad, también pueden beneficiarse del uso de BIM.
- **Impacto económico del piloto:** Los impactos económicos del uso de BIM tienen que ver con reducir costos, tiempos y la huella ambiental, así como obtener ganancias de eficiencia. Para maximizar el impacto económico de la intervención, se puede priorizar el potencial de replicabilidad de los pilotos, seleccionando las tipologías de proyecto que la institución desarrolle de manera recurrente. La replicabilidad también permite afianzar el proceso de aprendizaje del uso de BIM en una tipología de proyecto. De manera alternativa, puede seleccionarse un piloto que,

si bien no es altamente replicable, tiene tal envergadura que por sí mismo puede generar un alto impacto económico. Sería el caso, por ejemplo, de un aeropuerto internacional.

Ítem 2: Compromiso institucional

Se debe detectar si hay compromiso de las altas autoridades de la organización involucrada. Esto permite garantizar los aportes de recursos necesarios y la dedicación de tiempo del equipo del proyecto. Adicionalmente, esto podría sugerir la intención de implementar BIM a nivel de la institución más allá del piloto.

Ítem 3: Capacidades BIM del equipo del proyecto

Es necesario asegurar la existencia de un nivel mínimo de capacidades instaladas, tanto metodológicas como tecnológicas, o bien que haya disposición para construir esas capacidades a lo largo de la implementación del piloto. Específicamente, se debe recolectar información inicial acerca de las capacidades BIM de los equipos de la organización que participan en los distintos proyectos. Si estas capacidades son bajas, pero la organización manifiesta interés y compromiso para forjarlas, se puede realizar el piloto, siempre y cuando se despliegue un plan intensivo de formación de capacidades de los equipos clave para asegurar el éxito del proyecto.

Ítem 4: Capacidades BIM del mercado

Se deben analizar las capacidades disponibles en la oferta de contratistas o consultoras para utilizar BIM en las tipologías de los posibles proyectos piloto, e identificar si los potenciales contratistas cuentan con capacidades BIM instaladas o pueden adquirirlas en el mercado. Este tema es clave para los países en los cuales el mercado de servicios BIM es más incipiente. En los casos en que no exista oferta BIM local, se puede priorizar un piloto que lleve a cabo una licitación de alcance internacional o se puede pensar en un esquema de acuerdo con el cual el requerimiento de uso de BIM sea opcional y no obligatorio.

Ítem 5: Contexto nacional

Es útil contar con información del contexto nacional relativo a BIM en el cual se va a desarrollar el proyecto. Se sugiere identificar información relativa a los siguientes elementos:

- Estrategia BIM y experiencias previas a nivel de proyecto. Indagar si existe un programa nacional de apoyo a la promoción de BIM y si ha habido experiencias anteriores de implementación

de BIM a nivel de proyecto, considerando las barreras para su implementación y las lecciones aprendidas en los procesos.

- Estándares y normativa. Detectar si hay alguna normativa, estándares o protocolos publicados, y si existe algún tipo de restricción para el uso de BIM en el marco normativo aplicable.

Ítem 6: Riesgos y acciones de mitigación

Se debe realizar un análisis de los riesgos de mercado, técnicos, económicos, sociales y políticos del uso de BIM en un proyecto específico, así como de las acciones de mitigación que pueden ponerse en marcha. Se aconseja tomar en cuenta este análisis como parte de los criterios para la selección de un piloto. Algunos riesgos son manejables con acciones de mitigación. Por ejemplo, ya se ha explicado cómo se pueden compensar la falta de oferentes BIM en el mercado o las bajas capacidades del equipo del proyecto. Sin embargo, hay otros aspectos, como un bajo nivel de compromiso institucional, por ejemplo, que son más difíciles de mitigar.

Sobre la base del análisis anterior, el equipo del proyecto, junto con representantes de la organización, debe elegir el proyecto o los proyectos en los que se incorporará BIM de manera piloto. Finalmente, el facilitador BIM debe realizar la validación del proyecto piloto elegido con el equipo del proyecto y las jefaturas correspondientes.

4.3 Entregables de la fase de selección

El equipo del proyecto cuenta con el resultado de la selección del piloto, acompañado de un análisis de los posibles riesgos y potenciales mitigaciones que deben tomarse en cuenta durante su implementación.



1 INTRODUCCIÓN A LA GUÍA

2 OBJETIVO DE LA GUÍA

3 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN BIM EN PROYECTOS PILOTO

4 FASE 1: SELECCIÓN DEL PILOTO BIM

5 FASE 2: PLANIFICACIÓN DEL PILOTO BIM

6 FASE 3: DIAGNÓSTICO Y DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN Y CREACIÓN DE CAPACIDADES

7 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DEL PILOTO

8 ACCIÓN TRANSVERSAL: CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN

9 REFERENCIAS

10 ANEXOS

5 Fase 2: Planificación del piloto BIM

5.1 Objetivo de la fase de planificación

El objetivo de esta fase es definir las acciones necesarias para incluir BIM en el proyecto piloto, las que deben ser documentadas en un plan trabajo. El facilitador BIM, en colaboración con el equipo del proyecto, debe proponer y analizar los posibles alcances de la utilización de BIM en el mismo, y definir de forma consensuada los recursos, actividades, participantes y entregables involucrados en el proceso. Esto le permitirá al equipo del proyecto gestionar los recursos definidos como necesarios.

5.2 Acciones de la fase de planificación

Las acciones mínimas recomendadas son las siguientes:

Acción 1: Definición del objetivo de la implementación

Esta acción consiste en identificar las necesidades de la organización y definir su objetivo para la utilización de BIM.

Acción 2: Desarrollo del plan de trabajo para la implementación

Esta acción consiste en:

- 1) Especificar y acordar las actividades y entregables que se van a desarrollar en el marco del piloto. Se sugiere considerar al menos aquellos relacionados con lo siguiente:
 - Diagnóstico y construcción de estrategia (fase 3).
 - Implementación (fase 4).
 - Preparación para la licitación y definición del EIR.
 - Acompañamiento de la licitación.
 - Acompañamiento en el desarrollo del contrato.
 - Capacitación y difusión (actividades transversales).
 - Control y seguimiento.

- 2) Especificar y acordar los tiempos y recursos para el desarrollo de las actividades y entregables del piloto.
- 3) Definir quiénes serán los participantes del piloto.
- 4) Definir el mecanismo y el/los responsable(s) de la aprobación de cada actividad y/o entregable.
- 5) Validar el plan de trabajo con el equipo del proyecto.
- 6) Conseguir que los representantes de la organización den su aprobación al plan de trabajo.

Acción 3: Difusión del plan de trabajo

Esta acción consiste en difundir el plan de trabajo con todos los actores necesarios (encargados de la toma de decisiones, jefaturas intermedias y equipos de trabajo) para reforzar el convencimiento sobre la implementación de BIM en los distintos niveles de la organización.

5.3 Entregables de la fase de planificación

Durante la planificación, el facilitador BIM, en colaboración con el equipo del proyecto, debe elaborar un plan de trabajo que permita definir el alcance de la implementación de BIM en el proyecto. Para su definición, se podrán producir documentos intermedios que ayuden a consensuar las acciones y recursos necesarios para llevar adelante, de forma adecuada, la implementación de BIM en el proyecto.

Plan de trabajo

El plan de trabajo debe ser actualizado y complementado a medida que avanza el proyecto, para reflejar posibles modificaciones que vayan acordando los equipos. Debe contar al menos con el siguiente contenido:

- Objetivos del trabajo
- Descripción de las actividades (diagnóstico y construcción de la estrategia, implementación, desarrollo de capacidades, difusión, y control y seguimiento), con especificación de los siguientes ítems:
 - Objetivos.
 - Metodología de trabajo y herramientas metodológicas que se utilizarán (por ejemplo, mapas de procesos).

- Detalle de las actividades (por ejemplo, talleres, reuniones, capacitaciones, etc.).
 - Material de trabajo y recursos de apoyo necesarios (por ejemplo, salas, catering, equipo audiovisual, viajes, etc.).
 - Informes y entregables específicos.
 - Criterios de aprobación de esos informes y entregables.
- Hitos clave del piloto.
 - Estimación de horas de dedicación del equipo del proyecto.
 - Actores involucrados.
 - Carta Gantt, que indique tiempos de cada actividad, con fechas de inicio general del proyecto y fechas específicas (a nivel de semanas).
 - Costos asociados al piloto, desglosados, al menos, por actividades.

5.4 Recomendaciones

- Es importante que en la planificación participen representantes de las distintas áreas relacionadas con el proyecto. Es decir, deben involucrarse las personas encargadas tanto de los aspectos técnicos como administrativos y legales del desarrollo del proyecto. Esto podría obligar incluso a incorporar a otros actores que desempeñen algún rol durante la implementación del proyecto, como agentes reguladores, operadores del activo, etc.
- Se debe considerar la participación de las autoridades de la organización en los hitos clave del cronograma, para dar respaldo institucional al proyecto.
- Se deben especificar claramente las contrapartes técnicas, administrativas y responsables de la aprobación de las actividades y de los entregables del plan de trabajo.
- La organización debe evaluar si cuenta con el financiamiento para realizar las actividades definidas en el plan de trabajo.
- Se deben identificar con tiempo las restricciones que pudiera tener el equipo del proyecto para participar en las actividades definidas en el plan de trabajo.

RECUADRO 1

Organizaciones participantes en la etapa de planificación

Debido a la multiplicidad de actores que toman decisiones a lo largo de las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos, se recomienda realizar un mapeo de actores que permita identificar quiénes deben estar involucrados en el desarrollo del piloto BIM. Esto posibilita disminuir las barreras de comunicación que pudiese haber entre los distintos clientes del proyecto y definir de forma adecuada los objetivos de largo plazo para BIM en el proyecto.

En el caso del piloto de Saneamiento y Agua iniciado en Paraguay con la Dirección de Agua Potable y Saneamiento (DAPSAN) del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, producto de las entrevistas iniciales con el equipo del proyecto, se detectó la necesidad de involucrar en el desarrollo del piloto y la definición del EIR de BIM de la licitación a representantes de cinco organismos con funciones de regulación y ejecución en las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto: i) la DAPSAN, ii) el Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN), iii) la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay (ESSAP), iv) la Coordinación de Proyectos de Agua Potable, Saneamiento y Obras Hidráulicas (CAPSOH), y v) la División de Agua y Saneamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), entidad que financia el proyecto.



1 INTRODUCCIÓN A LA GUÍA

2 OBJETIVO DE LA GUÍA

3 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN BIM EN PROYECTOS PILOTO

4 FASE 1: SELECCIÓN DEL PILOTO BIM

5 FASE 2: PLANIFICACIÓN DEL PILOTO BIM

6 FASE 3: DIAGNÓSTICO Y DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN Y CREACIÓN DE CAPACIDADES

7 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DEL PILOTO

8 ACCIÓN TRANSVERSAL: CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN

9 REFERENCIAS

10 ANEXOS

6 Fase 3: Diagnóstico y desarrollo de la estrategia de implementación y creación de capacidades BIM

6.1 Objetivo de la fase de diagnóstico y construcción de la estrategia

El objetivo del diagnóstico es comprender las capacidades que tiene la organización para la utilización de BIM antes de comenzar el piloto. Este diagnóstico permite establecer una estrategia de implementación y capacitación de BIM para el proyecto.

6.2 Acciones de la fase de diagnóstico y construcción de la estrategia

Las acciones de esta fase son, principalmente, las siguientes:

- 1) Medición de madurez BIM de la organización.
- 2) Levantamiento de los roles y capacidades BIM.
- 3) Levantamiento de la infraestructura tecnológica.
- 4) Desarrollo de la estrategia de implementación y creación de capacidades.

Las primeras tres acciones mencionadas pueden ser desarrolladas en paralelo. Sus resultados permitirán el desarrollo de la estrategia de implementación y capacitación.

Acción 1: Medición de la madurez BIM de la organización

A) Objetivo

El objetivo de la medición de madurez es identificar si en la organización existen, con anterioridad al piloto, acciones enfocadas en la implementación de BIM que aborden sus distintos aspectos. En caso de que existan, se debe analizar si son adecuadas, y si es preciso modificarlas y/o agregar nuevas acciones.



B) Tareas

El facilitador BIM, en coordinación con el equipo del proyecto, debe llevar adelante, al menos, las siguientes actividades:

- 1) **Realizar una reunión inicial con participantes de la organización:** En ella, debe incluir al equipo del proyecto y a su jefatura, para explicarles la importancia de esta medición.
- 2) **Seleccionar un mecanismo objetivo y estandarizado para hacer la medición:** La herramienta debe permitir a los participantes comprender las acciones que deben realizar en torno a la implementación de BIM para abordar sus distintos aspectos, y luego reconocer cuáles de ellas no están siendo realizadas por su organización. Estas acciones deben abarcar todas las fases de la utilización de BIM. A nivel mundial, existen diversas herramientas de este tipo; en el recuadro 2 se describe una de ellas, desarrollada en Chile.
- 3) **Llevar a cabo un taller de capacitación para quienes responderán a la evaluación:** Para que el resultado de la evaluación sea representativo y válido, se debe contar con la mayor cantidad posible de participantes del proyecto, que representen a las distintas áreas de la organización vinculadas a los proyectos.
- 4) **Realizar un análisis, con recomendaciones y conclusiones:** Como una última tarea, debe hacerse un análisis a partir de los resultados de la medición de madurez BIM. Los resultados de la medición y el análisis se deben comunicar al equipo del proyecto y a sus jefaturas.

C) Entregables

Se debe confeccionar un informe del resultado de la medición de madurez con recomendaciones de acciones para poner en marcha.

D) Recomendaciones

Se debe seleccionar una herramienta de medición de madurez BIM que se adecúe a la evaluación que se va a realizar, ya que existen matrices a nivel de organización, proyecto y personas.



RECUADRO 2

MIBIM: Herramienta en línea para la medición de madurez BIM

Planbim ha desarrollado una matriz de medición de madurez BIM, llamada MiBIM, que está en una plataforma web accesible de manera gratuita (<https://planbim.cl/mibim/>).

Se trata de una herramienta de apoyo metodológico diseñada para que las organizaciones –empresas e instituciones– puedan realizar una autoevaluación objetiva del estado en que se encuentra la incorporación de BIM en sus procesos.

Mediante la selección de los porcentajes de avance respecto de las diferentes acciones que conforman la matriz, la organización puede obtener un promedio que indique un nivel de madurez general (del 1 al 5), así como una lista de recomendaciones para aumentar la madurez en el tiempo. Las diferentes acciones evaluadas por la matriz consideran un desarrollo transversal en torno a los diferentes pilares o ámbitos críticos que componen una organización (Estrategia, Personas, Procesos y Tecnología), organizados en tres fases: Planificar, Implementar y Mantener el uso de BIM dentro de la organización.

Esta herramienta se desarrolló en 2018 a partir de un análisis de las matrices de madurez BIM internacionales existentes. A partir de allí se generaron mesas de trabajo público-privadas con 27 organizaciones del sector público y privado, así como del ámbito académico, que permitieron definir el instrumento adecuado para la realidad de la industria de la construcción en Chile. La herramienta fue lanzada en 2019.



Acción 2: Levantamiento de los roles y capacidades BIM

A) Objetivo

El objetivo de este levantamiento es elaborar un diagnóstico sobre las capacidades BIM con que cuenta el equipo del proyecto antes del piloto y sobre los roles que sus integrantes desempeñan dentro de la organización.

B) Tareas

El facilitador BIM, en coordinación con el equipo del proyecto, debe realizar las siguientes tareas:

- 1) **Identificar a los participantes del piloto:** Se debe definir quiénes son las personas del equipo del proyecto y de la organización que participarán en las distintas acciones del piloto. Estas personas deben representar a las distintas áreas involucradas en el proyecto.
- 2) **Recolectar información de roles:** Esto debe hacerse para cada participante y debe abarcar: su(s) rol(es) y responsabilidad(es) en el proyecto; las acciones que ejecuta durante el proyecto, y su conocimiento de BIM (véase cuadro 3 con ejemplos y vínculos a matrices de roles BIM en ALC).
- 3) **Realizar un informe de resultados de la recolección de información:** La información recopilada se debe consolidar en un documento que se entregará al equipo del proyecto. Este documento debe considerar las conclusiones y recomendaciones para actualizar la planificación de las etapas siguientes.

C) Entregables

- Resultados de la encuesta de recopilación de información de roles, responsabilidades, acciones y capacidades.
- Informe de la recolección de información.

D) Recomendaciones

El facilitador BIM debe aprovechar el ejercicio para reconocer a los integrantes que pueden ser resistentes al cambio que implica la implementación de BIM, así como también a quiénes presentan potencial para liderar esta transformación.

**Cuadro 3 • Roles BIM definidos por organismos públicos en ALC**

PAÍS	ARGENTINA	CHILE	PERÚ
ORGANIZACIÓN	SIBIM	Planbim	Plan BIM Perú
DOCUMENTO	Matriz de roles BIM para la gestión pública	Matriz de roles BIM	Guía nacional BIM
AÑO	2019	2017	2021
ROLES DEFINIDOS	Dirección	Dirección	Líder
	Gestión	Gestión	Gestor
	Coordinación	Coordinación	Coordinador
	Planificación	Modelación	Modelador
	Verificación	Revisión	Supervisor
	Operación		
	Especialidad técnica		

Fuente: Elaboración propia con datos de [SIBIM, Argentina](#); [Planbim, Chile](#) y [Plan BIM Perú](#).

Acción 3: Levantamiento de la infraestructura tecnológica

A) Objetivo

El objetivo de la recolección de información en este campo es verificar si la organización cuenta con infraestructura tecnológica –*software* y *hardware*– que le permita incorporar el uso de tecnologías BIM y otras asociadas a estas. Por ejemplo, se debe recopilar información acerca de la capacidad de almacenamiento de datos existente, la velocidad de conexión disponible, la existencia de protocolos y directivas de seguridad y accesibilidad a sistemas y datos, así como de la utilización de sistemas y *software* de gestión de datos e información o de servidores y redes.

B) Tareas

Al inicio del piloto, el facilitador BIM debe:

- 1) **Registrar el estado de la infraestructura tecnológica:** Se trata puntualmente de aquella infraestructura tecnológica vinculada a la gestión de información de los proyectos de la organización.



- 2) **Proponer distintos escenarios de integración de BIM en la organización**, para lo cual debe identificar la compatibilidad entre estos escenarios y la infraestructura existente.
- 3) **Elaborar recomendaciones de ajustes de la infraestructura para cada escenario.**

C) Entregables

Informe de recolección de información y recomendaciones.

D) Recomendaciones

Este levantamiento se debe planificar y realizar en conjunto con el equipo de tecnologías de la información de la organización.

RECUADRO 3

Recolección de información sobre infraestructura tecnológica en Chile

Al realizar el análisis de infraestructura tecnológica en el marco de su trabajo con instituciones públicas de Chile, surgieron los siguientes escenarios propuestos por Planbim:

Escenario 1: La institución podrá recibir, almacenar, administrar y acceder a archivos de modelos BIM de *software* nativos y abiertos (Industry Foundation Classes [IFC]).

Escenario 2: La institución podrá recibir, almacenar, administrar, acceder y descargar archivos de modelos BIM de *software* nativos y abiertos (IFC).

Escenario 3: La institución podrá recibir, almacenar, administrar, acceder y descargar archivos de modelos BIM de *software* nativos y abiertos (IFC) y transferir información a esos modelos.

Para cada uno de estos escenarios se recomendó realizar un análisis de la infraestructura tecnológica que permita identificar las brechas existentes en materia de compatibilidad de:

- El *data center*.
- La red.
- La seguridad informática
- Los servidores.
- El *software* base (motor de base de datos y sistema operativo).
- La plataforma de *software* aplicativo (si existiere).



RECUADRO 4

¿Qué es el estándar IFC?

A nivel internacional se utiliza cada vez más el estándar Industry Foundation Classes (IFC) para asegurar la interoperabilidad entre los distintos actores que participan de un proyecto de edificación o infraestructura con BIM, en cualquiera de las etapas de su ciclo de vida.

El esquema IFC es un modelo estandarizado de datos que codifica y organiza de manera lógica las distintas características y atributos de los elementos que componen un modelo BIM. Fue desarrollado por [buildingSMART International](http://buildingSMART.org) y es reconocido a nivel internacional por medio de la norma ISO 16739-1:2018.

Acción 4: Desarrollo de una estrategia de implementación y creación de capacidades

A) Objetivo

El objetivo de esta acción es generar una ruta para la planificación e implementación de la metodología BIM en el piloto, considerando como base los resultados de la recopilación de datos de madurez, capacidades e infraestructura realizada.

B) Tareas

Con toda la información recopilada y generada en las tres acciones anteriores, el facilitador BIM, en coordinación con el equipo del proyecto, debe realizar las siguientes tareas:

- 1) **Establecer el nivel de implementación BIM:** El nivel de implementación deseado para el piloto debe ser acorde con la herramienta de medición utilizada.
- 2) **Generar un plan de acción:** Se trata del plan de acción que se requiere para alcanzar ese nivel de implementación. Este plan debe incluir los siguientes detalles:
 - Período de tiempo.
 - Estado de la organización respecto de BIM, con anterioridad al piloto (¿Dónde se encuentra antes de comenzar?).



- Estado, respecto de BIM, que se quiere alcanzar con el piloto (¿Dónde se quiere llegar?).
- Listado de acciones necesarias para alcanzar ese estado, respecto de los cuatro pilares: Estrategia, Personas, Procesos y Tecnología (¿Cómo llegar?). Entre otros aspectos, estas acciones deben:
 - Caracterizar las capacitaciones requeridas por parte de los equipos, para adoptar progresivamente las metodologías y tecnologías BIM en el piloto.
 - Proponer soluciones factibles de implementar en el corto y mediano plazo, en caso de que la infraestructura tecnológica de la organización no sea la adecuada para llevar a cabo el plan de acción.

C) Entregable

Plan de acción para la implementación y el desarrollo de capacidades.

D) Recomendaciones

Según el objetivo de la organización que lidera el piloto, se podría desarrollar una estrategia de más largo plazo para mantener las capacidades BIM en la organización.



1 INTRODUCCIÓN A LA GUÍA

2 OBJETIVO DE LA GUÍA

3 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN BIM EN PROYECTOS PILOTO

4 FASE 1: SELECCIÓN DEL PILOTO BIM

5 FASE 2: PLANIFICACIÓN DEL PILOTO BIM

6 FASE 3: DIAGNÓSTICO Y DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE
IMPLEMENTACIÓN Y CREACIÓN DE CAPACIDADES

7 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DEL PILOTO

8 ACCIÓN TRANSVERSAL: CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN

9 REFERENCIAS

10 ANEXOS



7 Fase 4: Implementación del piloto

7.1 Objetivo de la fase de implementación

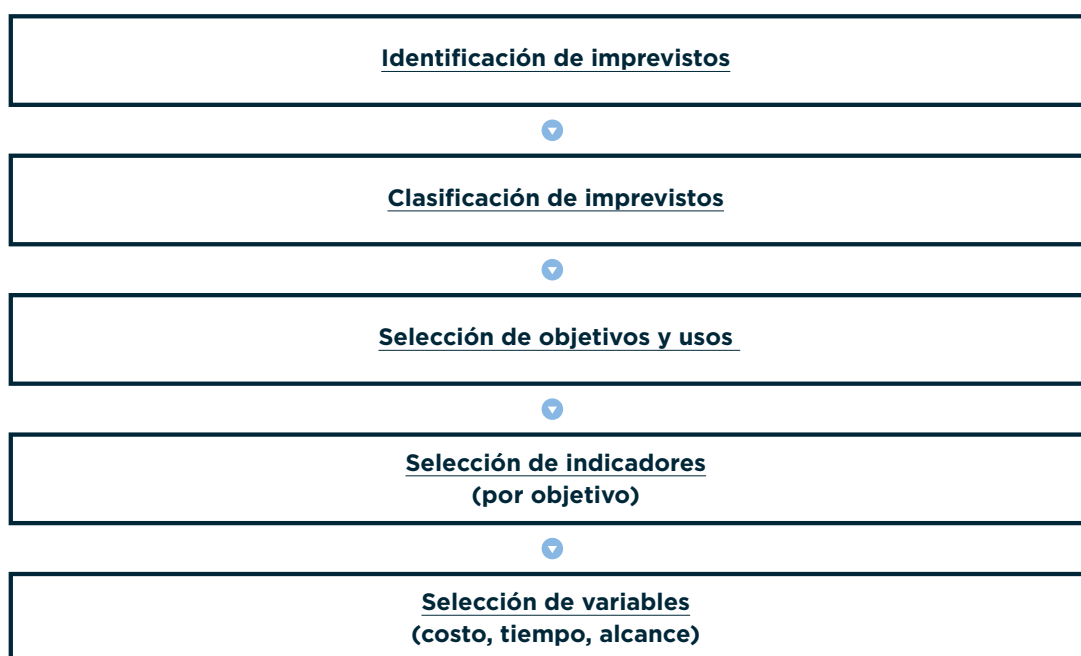
El objetivo de la fase de implementación del piloto es generar las condiciones habilitantes para el desarrollo del proyecto con BIM, lo cual incluye la definición del alcance de BIM en todo el proyecto.

La implementación del piloto se organiza en tres grupos de actividades:

- Preparación para la licitación y definición del EIR.
- Acompañamiento de la licitación.
- Acompañamiento del desarrollo del contrato.

Como se indica en la introducción de la Guía, en las siguientes secciones se describen, de manera general, las acciones necesarias para la implementación de un piloto BIM. Para complementar esto, se presentan una serie de recuadros con información específica de conceptos y herramientas de la metodología de Planbim y ejemplos de su aplicación, que permiten definir la utilización de BIM de manera precisa, y posteriormente medir su impacto concreto en el proyecto.

Esquema 2 • Pasos para la preparación de la licitación (acciones 3 a 6)





7.2 Parte 1: Preparación para la licitación

La preparación para la licitación de un piloto BIM consta al menos de las siguientes acciones:

Acción 1: Convencimiento de la organización; actividad de inicio.

Acción 2: Levantamiento y documentación de procesos clave del proyecto.

Acción 3: Identificación de imprevistos recurrentes en los procesos.

Acción 4: Selección de Usos BIM y objetivos específicos.

Acción 5: Definición del EIR BIM.

Acción 6: Generación del marco de evaluación del piloto.

Acción 1: Convencimiento de la organización; actividad de inicio

A) Objetivos

El objetivo de esta actividad es reforzar el convencimiento y compromiso de los equipos que estarán involucrados en el piloto sobre el valor que la aplicación de BIM en el proyecto tendrá para ellos y para la institución. Además, esta actividad marca el inicio formal del trabajo, y sirve para transmitir al equipo del proyecto y a los participantes del proceso información clave acerca del mismo y construir un lenguaje común.

B) Tareas

El facilitador BIM, en coordinación con el equipo del proyecto, debe realizar un taller para comunicar:

- 1) Qué es la metodología BIM y cuáles son sus beneficios para la tipología de proyecto seleccionada.
- 2) El plan de trabajo que se va a desarrollar, junto con sus objetivos, cronograma, participantes y actividades.
- 3) El respaldo de las autoridades de la organización al piloto.

C) Entregables

En esta actividad se podría entregar el material gráfico generado para el taller y el registro audiovisual para que la organización los utilice con miras a continuar la difusión interna del piloto.

D) Recomendaciones

Para esta actividad, se debe convocar a los integrantes de la organización que participan en las distintas fases del ciclo de vida del proyecto, tanto en tareas técnicas como también administrativas. La invitación debe ser gestionada por el equipo del proyecto y se debe coordinar la participación de una autoridad de la organización, idealmente la más alta (por ejemplo: ministro(a), en el caso de un ministerio) para que comunique el respaldo institucional y la importancia estratégica de las acciones de la implementación de BIM.

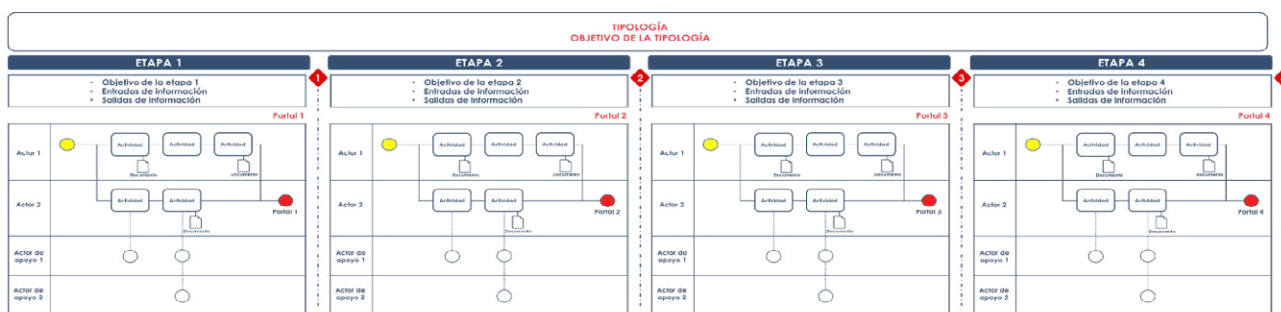
Acción 2: Levantamiento y documentación de procesos claves

A) Objetivos

El objetivo del levantamiento y la documentación de procesos claves para BIM es que los participantes de la organización reconozcan qué hacen normalmente en el desarrollo de la tipología de proyecto del piloto BIM, y para qué y cuándo lo hacen.

Este levantamiento se debe documentar en un mapa de procesos que dé cuenta de las distintas actividades, los diferentes actores y la información involucrada en todas las etapas del proceso de desarrollo de la tipología de proyecto seleccionada, desde su planificación hasta su operación. Este mapa permite formalizar el proceso de desarrollo detrás de la tipología seleccionada y su reconocimiento por parte de la organización (véanse el esquema 3 y el anexo 3, que contienen ejemplos detallados de levantamiento de procesos).

Esquema 3 • Mapa de procesos simplificado elaborado por Planbim





B) Tareas

El levantamiento y la documentación de procesos claves consta al menos de las siguientes tareas:

- 1) **Talleres de levantamiento de procesos:** El facilitador BIM, en conjunto con el equipo del proyecto, debe definir quiénes participarán en los talleres y procurar incluir a representantes involucrados en todas las tareas y etapas del proyecto. Asimismo, debe actuar como moderador de los talleres colaborativos y registrar la información entregada por los participantes.
- 2) **Desarrollo de un mapa de procesos:** El facilitador BIM debe analizar y estructurar la información obtenida en una representación gráfica del flujo del proceso para el desarrollo de la tipología del proyecto específico.
- 3) **Validación del mapa de procesos:** Posteriormente, el mapa resultante debe ser validado con el equipo del proyecto y sus jefaturas.

C) Entregables

Mapa de procesos validado: El mapa de procesos es una representación gráfica del flujo de trabajo secuencial del grupo de actividades que se encuentran relacionadas entre sí y que se desarrollan sistemáticamente con el objetivo de llevar adelante la tipología de proyecto considerada para el piloto. El mapa debe reflejar las actividades que se realizan comúnmente, sin proponer todavía una mejora, ya que esta se verá reflejada al final del proceso de implementación de BIM. El mapa debe contar con la siguiente información mínima:

- Objetivo de la tipología de proyecto.
- Etapas y actividades del proyecto.
- Actores principales de cada etapa, a nivel de organizaciones y/o áreas dentro de estas. Se deben incluir tanto los actores internos de la organización como los actores de otras instituciones involucradas en la tipología de proyecto.
- Actores que prestan apoyo en las actividades, tales como equipos legales o administrativos de la organización.
- Documentos que se utilizan en las actividades (*input*) y los que se obtienen de esas actividades (*output*).
- Puntos de decisión, con indicación de las entradas y salidas de información a nivel de actividades y etapas del ciclo de vida del proyecto.

D) Recomendaciones

El facilitador BIM debe tener conocimientos de levantamiento de procesos para guiar y registrar la información que se desarrolla en estas sesiones de trabajo.

Se recomienda utilizar una metodología simple y colaborativa, la cual debe exponerse claramente al inicio de cada taller, con indicación de las acciones y de los resultados esperados.

Si el equipo del proyecto ya cuenta con un mapa de procesos de la tipología de proyecto seleccionada, se debe verificar que esté actualizado y, de no ser así, complementarlo o rehacerlo según el caso.

RECUADRO 5

Mapas de procesos y flujos de información del BID

Los diagramas de flujo son una representación gráfica de los pasos de un proceso o grupo de actividades. En el caso del piloto del Programa Integrado de Salud II (PRIDES II de El Salvador), iniciado en 2019 y aún en proceso, se realizó un registro de procesos de todas las etapas del ciclo de vida de proyectos de infraestructura hospitalaria en el país a través de talleres participativos, a los cuales asistieron 32 personas del Ministerio de Salud (MINSAL) y de la unidad ejecutora del programa y dos facilitadores BIM. El trabajo se organizó en cuatro grupos según las etapas del ciclo de vida del proyecto. Se realizaron cuatro sesiones de trabajo durante dos días para identificar y desplegar el flujo de información, más una sesión final de medio día para validación.

En las sesiones se introdujeron los conceptos BIM de forma teórica para nivelar conocimientos previos. A continuación, los grupos de trabajo avanzaron en la identificación de los elementos claves de cada etapa del ciclo de vida del proyecto mediante una metodología del tipo 5W1H, para posteriormente pasar a la tarea de modelado del flujo de información. La dinámica de las actividades incluyó numerosas puestas en común para recibir retroalimentación de todos los involucrados.

Al finalizar las sesiones de trabajo se obtuvo un mapa de procesos validado y consensuado que abarcaba: etapas y subetapas del proyecto, objetivos, *inputs* y *outputs* mínimos (entregables), indicadores, duración estimada, actores clave involucrados, actividades realizadas y definición del flujo de información. Véase el anexo 3, que contiene el resultado del Mapeo de Procesos del PRIDES II.



Acción 3: Identificación de imprevistos recurrentes en los procesos

A) Objetivo

El objetivo de esta actividad es que los participantes del proceso identifiquen y clasifiquen los imprevistos que suelen surgir durante el desarrollo de la tipología de proyecto seleccionada. Luego de haberlo hecho, se deben priorizar los imprevistos que se abordarán con BIM. Esto permitirá acotar los aspectos y etapas del proyecto en los cuales BIM puede agregar valor y ayudar a solucionar los problemas reales y recurrentes que se enfrentan en su transcurso.

B) Tareas

Para identificar los imprevistos, se deben generar sesiones de trabajo colaborativas con los participantes del levantamiento de procesos, para lo cual se utilizará el mapa ya validado. De este modo, el facilitador BIM, junto con el equipo del proyecto, debe realizar al menos tres actividades: a) presentación de Usos BIM; b) identificación de imprevistos mitigables con BIM y c) priorización de imprevistos.

1) Presentación de Usos BIM: En estas sesiones, el facilitador BIM debe nivelar el conocimiento de los asistentes sobre las diversas opciones que brinda la aplicación de BIM a un proyecto en particular. Para ello, debe presentar los Usos BIM y exponer ejemplos gráficos de cómo se emplean en proyectos, para lo cual es conveniente privilegiar casos de la misma tipología del piloto.

Con el fin de promover que la selección de Usos BIM se realice de la manera más estandarizada posible, se sugiere consultar documentos ya disponibles que clasifican los Usos BIM. Por ejemplo, la Universidad de Pensilvania (Estados Unidos), en el documento BIM Project Execution Planning Guide Version 2.2 (Penn State College of Engineering, 2019), define 25 Usos BIM que son ampliamente utilizados por la industria y que fueron adaptados por Planbim en su estándar (véase el anexo 4 para más detalles).



Cuadro 4 • Usos BIM comunes en la industria

PLANIFICACIÓN	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN
Levantamiento de condiciones existentes			
Estimación de cantidades y costos			
Planificación de fases			
Análisis del programa espacial (zonificación)			
Análisis de ubicación			
Evaluación de diseño			
Diseño de especialidades			
Análisis estructural			
Análisis lumínico			
Análisis energético			
Análisis mecánico			
Análisis de ingeniería			
Evaluación de sostenibilidad			
Validación de normativa			
Coordinación 3D			
		Planificación de obra	
		Diseño de sistemas constructivos	
		Fabricación digital	
		Control de obra	
		Modelación as-Built	Mantenimiento preventivo
			Análisis de sistemas
			Gestión de activos
			Gestión y seguimiento de áreas
			Plan y gestión de emergencias

Fuente: Elaboración del BID, basada en adaptación de Planbim de Corfo sobre la base de Penn State College of Engineering (2019).



2) Identificación de imprevistos mitigables con BIM: Con este conocimiento, y con la guía del facilitador BIM, los participantes deben reconocer los imprevistos que comúnmente encuentran en los proyectos de la tipología seleccionada, los cuales dificultan la toma de decisiones y/o el cumplimiento de los objetivos del proyecto relacionados con el alcance, el costo, el tiempo o la calidad.

Esto se debe registrar en un listado de imprevistos que muestre cuáles pueden ser abordados con BIM y cuáles no, y donde se identifique la etapa en la cual ocurren los imprevistos reconocidos. Para más información sobre cómo clasificar los imprevistos de manera estandarizada, véase más adelante el recuadro 6 sobre la Metodología Planbim.

3) Priorización de imprevistos: Una vez que se cuenta con el listado de imprevistos mitigables con BIM, los participantes, con ayuda del facilitador, deben priorizar cuáles de estos imprevistos se abordarán en el piloto, en busca de la alineación con el objetivo inicial de implementación definido en la fase de Planificación (por ejemplo, reducción de costos, tiempos, etc.). Para lograr un mayor impacto, se debe intentar que la integración de BIM se inicie en las etapas tempranas del proyecto.

C) Entregables

Tabla de imprevistos priorizados.

D) Recomendaciones

- El facilitador BIM debe tener conocimientos de proyectos de construcción para poder moderar de manera efectiva las dinámicas de grupo.
- Es importante comprender si cada imprevisto se origina en la etapa declarada o proviene de una etapa anterior. Para esto es clave contar con profesionales de todas las etapas del proyecto en las sesiones de trabajo.
- La identificación de imprevistos también puede realizarse antes de la sesión de nivelación de conocimientos sobre Usos BIM.



Acción 4: Selección de Usos BIM y objetivos específicos

A) Objetivo

El objetivo de esta acción es identificar los usos que serán incluidos en el requerimiento BIM y determinar en cuál etapa y para qué (con qué objetivos) se utilizarán en el piloto. De esta manera, en esta etapa se definirán los Usos BIM que se van a implementar en el proyecto y los objetivos que se busca lograr con cada uno de ellos.

Para ello, se deben generar sesiones de trabajo colaborativas con los mismos participantes anteriores, y utilizar el listado de imprevistos priorizados y separados por etapas, como material base del trabajo.

B) Tareas

Las tareas incluyen la puesta en marcha de un taller para identificar y priorizar los Usos BIM que serán aplicados en el piloto.

- 1) **Identificación de Usos BIM y objetivos:** En estas sesiones, el facilitador BIM debe trabajar con los participantes para seleccionar los Usos BIM que serán empleados en el piloto y desarrollar un listado de objetivos específicos para la utilización de BIM vinculados a cada uno de los usos. Además, luego se deben vincular los objetivos a indicadores.

Para más información sobre cómo seleccionar objetivos específicos asociados de manera estandarizada a Usos BIM e indicadores, véase el recuadro 6.

- 2) **Priorización de Usos BIM:** Es importante acotar la cantidad de usos que se van a incorporar en el piloto, ya que existe una relación directa entre el número de usos solicitados y la cantidad de recursos necesarios para generar los modelos y entregables BIM.

Estos objetivos y Usos BIM se incorporarán formalmente en la elaboración del EIR, descrita en la acción 6.

C) Entregables

Listado de objetivos y Usos BIM priorizados, para las etapas del piloto.

D) Recomendación

El facilitador debe poner énfasis en que la cantidad de Usos BIM seleccionados debe ser acotada. Se deben brindar ejemplos de usos seleccionados en otros pilotos realizados.

RECUADRO 6

Metodología Planbim: Identificación de imprevistos recurrentes en los procesos y para la Selección de Usos BIM y objetivos específicos (acciones 3 y 4)

Como se indicó en las secciones anteriores, se deben identificar los imprevistos recurrentes en la tipología de proyecto y luego priorizarlos para asociarlos a Usos BIM. Para esto, en las sesiones de trabajo en las que el facilitador debe presentar los Usos BIM, además, debe mostrar la vinculación entre dichos usos y los distintos tipos de imprevistos que generalmente se encuentran en los proyectos. Esto permite a los participantes entender cómo BIM ayuda a mejorar la gestión de información del proyecto y no solo mejora los entregables (planos, modelos 3D) del mismo.

Para esto, sobre la base de lo establecido por Penn State College of Engineering (2019), la Metodología Planbim permite agrupar los imprevistos en cinco ámbitos: Recopilación, Generación, Análisis, Comunicación y Materialización de la Información.⁴ Luego, la metodología define una conexión entre esos grupos de imprevistos, los 25 Usos BIM y una lista predeterminada de objetivos específicos BIM⁵ enfocados en mitigar los imprevistos.

Material necesario

Todo lo anterior se organiza en una tabla que muestra en columnas los cinco grupos de imprevistos que se pueden encontrar en un proyecto. Para cada uno de los grupos, se especifican tres o cuatro subgrupos. Cada subgrupo a su vez está asociado a un objetivo específico y a un indicador para su posterior medición en el proyecto. Por ejemplo, para el grupo Recopilación de Información, los subgrupos son: Captura, Cuantificación, Monitoreo y Calificación de la Información.

4. Penn State College of Engineering (2019) define cinco propósitos BIM (Recopilar, Generar, Analizar, Comunicar, Ejecutar) y 18 subpropósitos, cada uno de estos últimos ligados a un objetivo BIM predeterminado. Sin embargo, Penn State no establece una vinculación directa entre los 25 Usos BIM y los cinco propósitos, por lo que queda a discreción del equipo del proyecto la selección de Usos BIM para el proyecto. Es decir, los participantes definen los propósitos para los que utilizarán BIM, y en un proceso posterior deben definir los usos. En caso de que el equipo utilice la metodología de Penn State College of Engineering (2019), deberá construir, o seleccionar de otra fuente, una vinculación entre los Usos BIM y los propósitos/subpropósitos.

5. Los objetivos específicos se refieren a los resultados tangibles que se quiere alcanzar a través de BIM; por ejemplo, “Disminuir los errores en la ubicación de elementos”.



En las filas de la siguiente tabla se indican los 25 Usos BIM y, en la intersección entre estos y las columnas, se marca qué usos ayudan a mitigar cada subgrupo de imprevistos. De la misma manera, en las filas se indican también las etapas del proyecto y se señala a qué etapa(s) corresponde cada uso (véase el extracto de la tabla de Grupos de Imprevistos, Usos, Objetivos e Indicadores).

USOS BIM	GRUPO DE IMPREVISTOS			
	Recopilación de la Información			
	SUBGRUPO DE IMPREVISTOS			
	Captura	Cuantificación	Monitoreo	Calificación
	OBJETIVO ESPECÍFICO			
	Disminuir los errores en la captura de la información.	Disminuir los errores en la cubicación de los elementos.	Aumentar la información útil sobre el rendimiento de los elementos y sistemas.	Aumentar la confiabilidad de la información acerca del estado de los elementos.
INDICADOR DE IMPACTO EN LA INFORMACIÓN				
	Variación en la cantidad de errores en la captura de la información.	Variación en la cantidad de errores en la cubicación de los elementos.	Variación en la cantidad de información útil sobre el rendimiento de los elementos y sistemas.	Tasa de confiabilidad de la información acerca del estado de los elementos.
1. LEVANTAMIENTO DE CONDICIONES EXISTENTES	✓	✓	–	✓
2. ESTIMACIÓN DE CANTIDADES Y COSTOS	–	✓	–	–
3. PLANIFICACIÓN DE FASES	–	–	–	–
4. ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA ESPACIAL	–	–	–	–

Fuente: Extracto de la tabla de Grupos de Imprevistos, Usos, Objetivos e Indicadores, de Planbim.



Cómo se aplica el material

A partir de esta tabla, el equipo del proyecto debe clasificar cada imprevisto en uno de los cinco grupos existentes y, luego, en uno o más de los subgrupos correspondientes. Esto se registra en un listado de problemas, que muestra cuáles pueden ser mitigados con BIM y cuáles no. Dado que se deben acotar los Usos BIM del proyecto, es importante priorizar los imprevistos por mitigar con BIM, seleccionando los subgrupos que más se repiten, para que así los usos elegidos aborden la mayor cantidad de obstáculos del proyecto. Véase el ejemplo 22.

Ejemplo 22 • Imprevistos mitigables con BIM clasificados por grupo y subgrupo (en color verde los campos completados por el equipo del proyecto).

LISTA DE IMPREVISTOS	IMPREVISTOS MITIGABLES CON BIM	GRUPO DE IMPREVISTOS			
		Recopilación de la Información			
		SUBGRUPO DE IMPREVISTOS			
		Captura	Cuantificación	Monitoreo	Calificación
		TOTAL DE IMPREVISTOS POR SUBGRUPO			
		18	25	0	4
Las cubriciones de luminarias consideran una mayor cantidad que las necesarias en el proyecto.	Sí	✓	✓	–	–
Necesidad de rectificar los deslindes y el loteo del proyecto.	Sí	✓	–	–	–
Los proyectos de servicios sanitarios son informativos y no cuentan con información detallada.	Sí	✓	–	–	✓
Alta rotación de profesionales en la empresa de especialidades.	No	–	–	–	–
Problemas con el análisis en las partidas de presupuesto entregadas por las empresas.	Sí	–	✓	–	–
Problemas de coordinación de especialidades al momento de ejecutar la obra.	Sí	✓	–	–	✓



Una vez clasificados los imprevistos, el equipo del proyecto obtendrá automáticamente una lista de Usos BIM con sus objetivos e indicadores. Véase el ejemplo 33.

Ejemplo 33 • Dos imprevistos priorizados (Captura y Cuantificación), con sus objetivos específicos, usos e indicadores correspondientes (en color verde y rojo los campos completados por el equipo del proyecto).

USOS BIM	GRUPO DE IMPREVISTOS			
	Recopilación de la Información			
	SUBGRUPO DE IMPREVISTOS			
	Captura	Cuantificación	Monitoreo	Calificación
	IMPREVISTO PRIORIZADO			
	Sí	Sí	No	No
	OBJETIVO ESPECÍFICO			
	Disminuir los errores en la captura de la información.	Disminuir los errores en la cubicación de los elementos.		
	INDICADOR			
	Variación en la cantidad de errores en la captura de la información.	Variación en la cantidad de errores en la cubicación de los elementos.		
1. LEVANTAMIENTO DE CONDICIONES EXISTENTES	✓	✓		
2. ESTIMACIÓN DE CANTIDADES Y COSTOS	–	✓		
3. PLANIFICACIÓN DE FASES	–	–		
4. ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA ESPACIAL (ZONIFICACIÓN)	–	–		



Acción 5: Definición del EIR⁶ BIM

A) Objetivo

El objetivo de la construcción del EIR⁷ es establecer los entregables BIM y la información que debe estar contenida en ellos, según los objetivos definidos en los pasos anteriores. El EIR permite acotar y precisar la incorporación de BIM en el proyecto, ya que especifica qué, cuándo, cómo y para quién se debe producir la información del proyecto, al tiempo que determina los entregables BIM y la información que estos deben contener, según los objetivos definidos en los pasos anteriores.

El EIR suele anexarse a los documentos de licitación para la contratación de la etapa y la función que corresponda. La precisión y la claridad del EIR ayudarán al contratista y al equipo del proyecto a dimensionar adecuadamente los recursos que les demandará la incorporación de BIM en el proyecto.

B) Tareas

El facilitador BIM, junto con el equipo del proyecto, mediante sesiones de trabajo colaborativo, deberá desarrollar las siguientes tareas para construir el EIR, tomando en cuenta los usos y objetivos definidos anteriormente:

- Selección de Tipos de Información (TDI).
- Selección de los Niveles de Información (NDI).
- Definición de la estrategia de colaboración.
- Definición de los entregables BIM.
- Redacción y validación del EIR.

1) Selección de los TDI:⁸

El facilitador BIM debe presentar al equipo del proyecto las definiciones de los TDI⁹ pertinentes, y debe exponer ejemplos prácticos de los parámetros contenidos en ellos y su utilización. A continuación, el equipo del proyecto, con apoyo del facilitador BIM, seleccionará los TDI necesarios para los Usos BIM priorizados.

6. Para más información, véase la sección *Términos, definiciones y nomenclatura*.

7. Basado en ISO 19650-1:2018.

8. Para más información, véase la sección *Términos, definiciones y nomenclatura*.

9. Véase el anexo 6, que contiene la tabla comparativa de Tipos de Información. Página 40.



La Metodología de Planbim establece una relación estandarizada entre Usos BIM y TDI, que se puede apreciar en el recuadro 7.

RECUADRO 7

Selección de Tipos de Información (TDI) en un proyecto de infraestructura vial de Costa Rica

Uso BIM 02: Estimación de cantidades y costos.

(Objetivo 1) Disminuir la desviación de las cuantificaciones de obra y estimaciones de pago mensual del proyecto.

(Objetivo 2) Aumentar la trazabilidad de las mediciones y estimaciones de obra mensual para proporcionar la trazabilidad de los registros ante los entes de control.

El facilitador BIM colabora con el equipo del proyecto para definir qué tipos de TDI será necesario solicitar al contratista para cumplir con los objetivos definidos (véase el cuadro R7.1).

Cuadro R7.1 • Usos BIM y Tipos de Información

USO BIM	OBJETIVO	TIPO DE INFORMACIÓN	
ESTIMACIÓN DE CANTIDADES Y COSTOS	Disminuir la desviación de las cuantificaciones de obra y estimaciones de pago mensual del proyecto.	TDI_A	Información general del proyecto.
		TDI_B	Propiedades físicas y geométricas.
		TDI_C	Propiedades geográficas y de localización espacial.
	Aumentar la trazabilidad de las mediciones y estimaciones de obra mensual para proporcionar la trazabilidad de los registros ante los entes de control.	TDI_D	Requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor.
		TDI_F	Requerimientos y estimación de costos.
		TDI_J	Validación del cumplimiento del programa.
		TDI_L	Requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización.
		TDI_M	Logística y secuencia de construcción.

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Estándar BIM para Proyectos Públicos de Planbim y modificado en talleres de cooperación técnica para la implementación BIM en la infraestructura vial de Costa Rica.



2) Selección de los Niveles de Información:

El facilitador BIM debe presentar al equipo del proyecto diferentes protocolos y definiciones estandarizadas, y apoyar la selección de un único protocolo que se utilizará para definir la profundidad de la información contenida en los objetos de los modelos BIM.

Algunos de los protocolos existentes son el Level of Development (LOD), Specification de BIM-Forum US,¹⁰ el Level of Information (LOI) y el Level of Detail (LOD) de Reino Unido,¹¹ más el Nivel de Información (NDI) de Estándar BIM para Proyectos Públicos (EBPPP) de Planbim en Chile (Planbim de Corfo, 2019).

Sobre la base del protocolo seleccionado, el equipo del proyecto debe definir el nivel de información de cada objeto de los modelos. Vale aclarar que cada modelo puede tener distintos NDI, lo cual depende del NDI de los objetos que contengan.

3) Definición de la estrategia de colaboración

El facilitador BIM debe presentar al equipo del proyecto una propuesta para definir la estrategia de colaboración que aborde aspectos tales como el entorno común de datos (*common data environment*), y la estructuración de los modelos y otros procedimientos que puedan facilitar la comunicación y colaboración entre las partes del proyecto (reuniones, canales de comunicación, etc.).

4) Definición de los entregables BIM

El facilitador BIM debe apoyar al equipo del proyecto en la definición de los entregables BIM que serán exigidos a los contratistas. Los entregables BIM deberán estar alineados con las condiciones y características de los entregables generales del proyecto previstos en los documentos de licitación. Se debe asegurar que la información y los datos generados con BIM estén disponibles durante todo el ciclo de vida del proyecto, y que estos sean transferibles, accesibles y utilizables por todos los actores necesarios. El facilitador BIM debe apoyar al equipo del proyecto para que pueda definir los formatos digitales en los que se transferirán los modelos y la documentación extraída de los modelos, y asegurar en todo momento el uso de formatos interoperables¹² (véase el recuadro 4: ¿Qué es el estándar IFC?) junto con los archivos nativos del *software* BIM utilizado.

10. Véase más información sobre el *Level of Development (LOD) Specification* en el siguiente enlace: <https://bimforum.org/resource/%ef%bf%bc%ef%bf%bclevel-of-development-specification/>.

11. Véase CIC (2018); BSI (2013); BIS (2020).

12. Para más información, véase la sección *Términos, definiciones y nomenclatura*.

Los entregables BIM incluyen, como mínimo: 1) Plan de Ejecución BIM (PEB), 2) modelos BIM y 3) documentación relacionada con los modelos (reportes, tablas, cuadros, listas, planimetría, etc.), los cuales se describen a continuación.

- **Plan de Ejecución BIM (PEB):** También denominado “planificación del desarrollo de la información” en la ISO 19650-1:2018, es un documento preparado por la contratista o parte contratada. Este documento deberá reflejar el alcance de la incorporación de BIM a lo largo de las etapas del ciclo de vida del proyecto,¹³ especificando cómo se cumplirá con el EIR. Se recomienda que el PEB cuente al menos con la siguiente información:

- Cómo se cumplirá con lo requerido por el proyecto.
- Qué información será generada en cada etapa del proyecto.
- Quién será responsable de la producción de la información.
- Quién será el receptor de la información.
- Cómo se intercambiará y coordinará la información entre los actores involucrados en las distintas etapas del proyecto.
- Cómo y cuándo será entregada la información para cumplir con las etapas del proyecto.
- Cuál es la definición de los procesos y quiénes son los responsables del desarrollo y la recepción de la información.

El facilitador BIM debe presentar los aspectos que debe abordar un PEB y los formatos que facilitan su formulación, y apoyar al equipo del proyecto en la selección de la estructura del PEB que se solicitará a la contratista.

Algunos ejemplos de estructuras del PEB son los siguientes: i) BIM Project Execution Planning Guide, Version 2.2, del Penn State College of Engineering (2019); ii) Building Information Modelling (BIM) Execution Plan, University of Cambridge (2016); iii) Plan de Ejecución BIM, EBPPP Planbim de Corfo (2019), y iv) Guía para la elaboración de un PEB, Comisión BIM España (2018).

- **Modelos BIM:** Son una representación digital tridimensional de un activo, formada por objetos que contienen datos estructurados. Por medio de estos modelos, que se desarrollan mediante *software* BIM,¹⁴ se gestiona y desarrolla la información gráfica y no gráfica del proyecto. El facilitador BIM debe apoyar al equipo del proyecto en la priorización de las especialidades que se requerirán para trabajar con BIM. Además, el facilitador BIM debe

13. Basado en ISO 19650-1:2018.

14. Definición basada en <https://bimdictionary.com/>.



proponer al equipo del proyecto la organización de los modelos (estructuración, codificación, nomenclaturas y colores, sistemas de clasificación, etc.), y los objetos que formarán parte de cada modelo BIM.

- **Documentos relacionados con los modelos BIM:** El facilitador BIM debe proponer al equipo del proyecto una selección de los reportes, documentos y contenidos que necesitan generarse a partir de los modelos para cumplir con los requisitos del proyecto, tales como planimetrías, reportes, cuadros, listas, visualizaciones u otros que sean necesarios, así como también los documentos que se adjuntan a los modelos en el desarrollo del proyecto (fichas técnicas, catálogos, nubes de puntos, etc.).

5) Redacción y validación:

El facilitador BIM deberá reunir todos los insumos generados para redactar el EIR. Una vez que cuente con una versión borrador, deberá realizar una presentación al equipo del proyecto y otras partes interesadas para su validación, instancia previa a su incorporación en la licitación.

C) Entregables

El EIR BIM es típicamente un anexo técnico que acompaña los documentos de la licitación.

D) Recomendaciones

- Debe haber colaboración y retroalimentación entre los equipos que estén realizando el EIR y los pliegos de contratación del proyecto para asegurar la consistencia entre el EIR y el pliego general y sus anexos.
- Se debe prestar especial atención a la consistencia de la cantidad y el contenido de las entregas entre el pliego de licitación y el anexo EIR BIM.
- En el EIR se deben definir los parámetros mínimos que se van a requerir.¹⁵
- Se debe requerir BIM como una metodología integral de trabajo aplicada al proyecto y no como una especialidad separada.

Los formatos de entrega definidos en el EIR BIM deben considerar modalidades abiertas que permitan acceder a la información sin depender de una marca de *software* en particular, para lo cual se recomienda utilizar el estándar IFC 4 o uno superior.

15. Para más información acerca de cómo seleccionar los parámetros mínimos que se deben requerir, véase el recuadro 8.



RECUADRO 8

Metodología Planbim: Definición de requerimientos para el intercambio de información (EIR) (acción 5)

Para determinar con precisión la información que se requiere a través de BIM, indicada en la sección anterior, se deben definir aspectos clave como las fases de desarrollo en las que se requerirá BIM, y los parámetros mínimos que deben contener los objetos de los modelos. Además, se debe asegurar que la selección de los modelos, objetos, Tipos de Información (TDI) y Niveles de Información (NDI) se haga de manera estandarizada para facilitar el trabajo de desarrollo del EIR y la posterior revisión del proyecto. Esto permite, además, lograr que haya coherencia de la información entre los distintos proyectos que incorporan BIM.

Material necesario

El Estándar BIM para Proyectos Públicos (EBPPP) incluye distintas tablas y fichas que permiten seleccionar, de manera estandarizada, las fases de desarrollo, los TDI, los NDI y los parámetros mínimos que se deben incluir en el EIR. Algunos de estos materiales se listan a continuación:

- 1) La tabla 2 muestra los nueve tipos de modelos que se deben requerir.
- 2) La tabla 3 presenta los objetos o entidades mínimas para cada tipo de modelo BIM.
- 3) Las fases de desarrollo se denominan Estados de Avance de la Información de los Modelos (EAIM), y en la tabla 4 del EBPPP se definen nueve estados.¹⁶
- 4) La tabla 7 indica los TDI necesarios para cumplir con cada Uso BIM. Además, el anexo 1 contiene fichas de cada uno de los 25 Usos BIM.
- 5) La tabla 9 establece, de manera gráfica, una conexión entre cada TDI y los NDI, mientras que la tabla 10 muestra la vinculación entre cada EAIM y los NDI aplicables para cada objeto de un modelo.

Adicionalmente, la Matriz de Información de las Entidades (MIDE), disponible en la web de Planbim, indica los parámetros mínimos que se van a requerir para cada objeto, según el TDI y NDI seleccionado.

16. Diseño conceptual; diseño de anteproyecto; diseño básico; diseño de detalle; coordinación de construcción; construcción, manufactura y montaje; as-Built; puesta en marcha, y gestión y mantenimiento del activo.



Cómo se aplica ese material

A continuación, se listan los pasos por seguir para definir los aspectos clave del EIR de manera estandarizada. A modo de referencia se intercalan los pasos indicados en la sección anterior para explicar cómo se integran.

- **Incorporar los usos y objetivos definidos anteriormente (véanse las secciones anteriores)**

- **Definir EAIM**

La primera tarea de la construcción de la solicitud de información consiste en la definición de las fases de desarrollo en las que se requerirá BIM (o EAIM). Para definir los EAIM que se requerirán en el piloto, se deben generar sesiones de trabajo colaborativas con el equipo del proyecto. En estas sesiones, el facilitador debe explicar qué es lo que incluye cada uno de los EAIM, para que el equipo del proyecto pueda identificar cuáles son los que usualmente se solicitan en la etapa seleccionada para el piloto. Para esta finalidad, se utiliza la tabla 4 del EBPPP.

- **Definir los TDI para los usos seleccionados (explicado en la acción 5)**

En el marco del Estándar BIM para Proyectos Públicos, los TDI son 15 grupos de datos que pueden estar contenidos en las entidades de los modelos. Estos datos están organizados según la utilización que se le puede dar a la información durante el ciclo de vida del proyecto. Los TDI de Planbim están basados en la Matriz de Elementos/Objetos desarrollada por el US Department of Veterans Affairs (s/f).

A partir de los EAIM, y el listado de Usos BIM seleccionados en la acción 4, el equipo del proyecto debe escoger los TDI asociados a cada uso. Esto permitirá saber qué información debe incluir el contratista en los objetos o entidades de los modelos para cumplir cada uso seleccionado. Para esta finalidad, se utiliza la tabla 7 del EBPPP.

USO BIM	TIPO DE INFORMACIÓN
ESTIMACIÓN DE CANTIDADES Y COSTOS	TDI_A Información general del proyecto.
	TDI_B Propiedades físicas y geométricas.
	TDI_D Requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor.
	TDI_E Especificaciones técnicas.
	TDI_F Requerimientos y estimación de costos.
	TDI_L Requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización.
	TDI_M Logística y secuencia de construcción.

Fuente: Extracto de la tabla 7 de Tipos de Información asociados a un Uso BIM, EBPPP.



- **Definir los modelos**

En paralelo, el equipo del proyecto debe seleccionar los tipos de modelos que se requerirán en el proyecto. Para esta finalidad, se utiliza la tabla 2 del EBPPP, que contiene los nueve tipos de modelos por requerir: Sitio, Volumétrico, Arquitectura o Diseño de Infraestructura, Estructura, MEP (Mecánico, Eléctrico, Sanitario), Coordinación, Construcción, as-Built y Operación.

- **Definir los objetos o entidades para cada modelo**

El equipo del proyecto debe seleccionar los objetos o entidades que se incorporarán en cada uno de los modelos requeridos. Para que esta selección sea estandarizada entre distintos proyectos, se utiliza la tabla 3 del EBPPP, que indica los objetos mínimos reconocidos por la ISO 16739-1:2018, que puede contener cada uno de los nueve tipos de modelos.

- **Definir los modelos para cada EAIM**

El equipo del proyecto debe identificar qué modelos se requerirán en cada fase de desarrollo o EAIM. Para ello, debe evitar solicitar modelos en fases para las cuales aún no existe la información necesaria; por ejemplo, no se debe requerir un modelo de construcción en la fase de diseño básico. A fin de que esta selección sea estandarizada entre distintos proyectos, se utiliza la tabla 5 del EBPPP, que indica qué tipos de modelos pueden ser requeridos en cada fase de desarrollo.

- **Definir los NDI para la entidad en cada EAIM (explicado en la acción 5)**

Como se indicó en la acción 5, el equipo del proyecto debe seleccionar el NDI de cada objeto de los modelos. En el marco del Estándar BIM para Proyectos Públicos, se utilizan NDI,¹⁷ que están directamente relacionados con los TDI y con el EAIM en que se requiera. Esta información puede cambiar y/o aumentar a medida que el proyecto avance.

Para que la selección de NDI sea estandarizada y acorde a la fase de desarrollo en que se requiere la información, se utiliza la tabla 10 del EBPPP, que indica el NDI para cada objeto según la fase de desarrollo de la entrega.

17. Los Niveles de Información (NDI) se basan en el estándar desarrollado por The American Institute of Architects (AIA) y por BIMForum USA. Los NDI son los grados de profundidad que puede tener tanto la información geométrica como no geométrica contenida en las entidades de los modelos BIM.



- **Definir los parámetros mínimos MIDE¹⁸**

Una vez definidos los modelos, los objetos que contienen, y los TDI y NDI para cada objeto, el EIR debe indicar con precisión la información que debe contener cada uno de esos objetos.

Para ello, la MIDE establece parámetros de información mínimos para cada entidad en cada NDI. El equipo del proyecto puede tomar los parámetros de la Matriz e incorporarlos en el EIR para asegurar que los modelos contendrán la información mínima para desarrollar los usos seleccionados. Adicionalmente, los equipos pueden identificar en la Matriz otros parámetros que definan como necesarios según la tipología del proyecto y agregarlos también al requerimiento.

- **Definir la estrategia de colaboración (explicado en la acción 5)**

- **Definir los entregables BIM (explicado en la acción 5)**

Acción 6: Generación del marco de evaluación del piloto

A) Objetivos

El objetivo de esta acción es tener un grupo de indicadores para la medición objetiva del rendimiento del proyecto. Para ello, es necesario contar con información comparable de proyectos similares sin requerimiento de BIM (línea base). Esto permitirá comparar con la información obtenida del piloto, y así conocer y cuantificar el impacto real de la incorporación de BIM en el proyecto.

A partir de esta comparación, se podrá realizar lo siguiente:

- Evaluar el rendimiento de BIM en el piloto.
- Revisar el grado de cumplimiento de los objetivos específicos fijados.
- Definir acciones futuras para mejorar el desempeño de BIM en la tipología seleccionada. Esto debe estar alineado con los objetivos de la organización y el requerimiento de BIM en el proyecto.

18. Matriz de Información de las Entidades (MIDE), desarrollada por Planbim en base a la Matriz de Elementos/Objetos del US Department of Veterans Affairs.



B) Tareas

El equipo del proyecto, con el apoyo del facilitador BIM, debe: 1) definir indicadores y las variables asociadas; 2) definir proyectos del grupo de control; 3) recolectar información para la línea base; 4) realizar la medición en el piloto de los indicadores definidos, y 5) analizar y comparar el desempeño.

- 1) Definir indicadores y variables asociadas:** El facilitador BIM debe apoyar al equipo del proyecto en la definición de los indicadores que se medirán. Esta labor debe estar en función de los objetivos y Usos BIM seleccionados. Los indicadores suelen estar relacionados con las variables de tiempo, alcance, costo y calidad del proyecto. Junto con ello, se deberán definir el protocolo de recolección de datos de las variables de los indicadores y la configuración de la planilla que se utilizará para su registro (véase el recuadro 9).
- 2) Definir proyectos del grupo de control:** El equipo del proyecto debe definir un universo de proyectos similares sin requerimiento de BIM, anteriores o en desarrollo, para recolectar datos de los indicadores definidos que permitan comparar el desempeño del piloto BIM con el de otros proyectos sin BIM.
- 3) Recopilar información para la línea base:** Luego, el equipo del proyecto debe recolectar de manera estructurada los datos y la información de las variables para el cálculo de los indicadores seleccionados del grupo de control y el piloto. Esto permitirá construir una base para comparar el desempeño del proyecto.
- 4) Realizar la medición en piloto:** El equipo del proyecto deberá recolectar de manera estructurada los datos y la información de las variables para el cálculo de los indicadores a lo largo de la ejecución del proyecto y a su cierre.
- 5) Analizar y comparar el desempeño:** Con los resultados obtenidos, el equipo del proyecto podrá realizar análisis y comparativas sobre el desempeño del proyecto piloto, lo cual permitirá definir acciones para corregir, perfeccionar y/o mantener ciertas prácticas útiles para mejorar la eficiencia y la productividad de los proyectos.

C) Entregables

- Listado de indicadores y variables, que incluya su descripción.
- Protocolo de recopilación de datos y plantilla de recolección.
- Línea base, base de datos estructurada con la información de los indicadores en proyectos similares sin BIM y reporte de valores de desempeño que servirán de base comparativa (proyectos sin BIM).



- Reporte de resultados de desempeño, el cual debe incluir los resultados por indicador y variables; un análisis del desempeño comparativo con el grupo de control, y recomendaciones de acciones futuras.

D) Recomendaciones

Para una correcta medición de los indicadores se deben realizar las siguientes acciones:

- Difundir los indicadores BIM por medir con los actores involucrados (internos y externos).
- Capacitar a los equipos del proyecto en cómo y dónde se debe buscar la información de las variables involucradas.
- Establecer los instrumentos para el registro de información, los cuales, idealmente, deben ser los que utilicen los equipos en sus proyectos y coincidir con los usados en la línea base.
- Definir la periodicidad del registro, lo que debe estar alineado con el proceso o las entregas de información del proyecto.

RECUADRO 9

Grupo de control y recolección de datos en el BID

El BID, a través del Programa de Infraestructura de Transporte (PIT) de Costa Rica, incluyó un requerimiento BIM para uno de los tres tramos del proyecto Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional N.º 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Barranca-Limon, y de la Ruta Nacional N.º 17, Sección La Angostura. Esto permitió recolectar datos en los tramos del proyecto y facilitó la comparación de desempeño de un tramo con implementación BIM y de los otros dos gestionados de manera tradicional.

En paralelo a ello, el BID se encuentra trabajando en la definición de una metodología para la medición del impacto de BIM en proyectos. Esta metodología cuenta con una serie de indicadores definidos y una forma estructurada para la recolección de datos durante las distintas etapas y el cierre del proyecto. La existencia de un marco estandarizado para la recopilación de datos de las variables ayuda a que la evaluación de desempeño y el análisis comparativo tengan un mayor nivel de fiabilidad.

Ejemplo de indicador de la metodología en desarrollo:



**PORCENTAJE DE DESVIACIÓN DEL COSTE ESTIMADO DE OBRA (DCEDO)****Descripción:**

Este indicador mide el porcentaje de la desviación del coste estimado de la obra (DCEDO) mediante la relación del coste estimado de obra (CEO) y el coste real de la construcción de la obra (CRO).

Fórmula:

$$\text{DCEDO} = \frac{\text{CEO}}{\text{CRO}} \times 100$$

Variables:

ACRÓNIMO	DEFINICIÓN	UNIDAD	APLICACIÓN	ORIGEN DEL DATO	UMBRAL DE VALORES	EJEMPLO
CEO	Coste estimado de la ejecución de la obra.	Dólares de EE.UU.	Desarrollo de contrato, se puede contar al inicio de este ya que es contra el primer presupuesto aprobado.	Se obtiene del presupuesto base acordado al inicio de los trabajos, al arranque del contrato.	0 - 	\$ 500.000
CRO	Coste real de la ejecución de la obra.	Dólares de EE.UU.	Final de la fase de construcción, se obtiene una vez finalizadas las obras.	Se obtiene de las certificaciones de obra correctamente ejecutadas, a la finalización de los trabajos.	0 - 	\$ 575.000

RECUADRO 10

Metodología Planbim: Generación del marco de evaluación del piloto (acción 6)

Como se indicó en la sección anterior, el equipo del proyecto, con apoyo del facilitador, debe realizar las siguientes acciones: i) definir los indicadores y las variables asociadas; ii) definir los proyectos del grupo de control; iii) recopilar información para la línea base; iv) realizar en el piloto la medición de los indicadores definidos, y v) analizar y comparar el desempeño.

Generalmente, existen dos problemas respecto de la medición de indicadores de BIM. El primero es que no se cuenta con líneas base con indicadores de los proyectos que permitan saber el impacto real de BIM. El segundo es que muchas veces se seleccionan indicadores muy generales, como costo, tiempo y/o calidad, en cuyo caso es difícil demostrar la existencia de una causalidad directa entre su variación y el efecto de BIM en el proyecto, ya que este impacto puede obedecer a múltiples factores. Es decir, si un proyecto con BIM disminuye su costo en un 10% respecto de un proyecto similar anterior sin BIM, es difícil saber cuánto de esa disminución está relacionada con BIM y cuánto puede responder a una serie de otros factores.

Por ello, Planbim desarrolló una metodología que considera indicadores de impacto en la información, los cuales permiten medir el efecto de la utilización de BIM en la cantidad y/o calidad de la información disponible para el desarrollo del proyecto. Así, se puede demostrar si BIM contribuye a la mitigación de los imprevistos detectados en el proceso (acción 3). Estos indicadores están predefinidos para cada subgrupo de imprevistos.

Material necesario

En la acción 3, el equipo del proyecto obtuvo una lista de imprevistos priorizados. Cada uno de esos imprevistos ya tiene asociados, de manera estandarizada, un objetivo específico de la utilización de BIM y uno o más Usos BIM. Además, cada uno de los objetivos está vinculado a un indicador de impacto en la información. Véase el ejemplo de la tabla 44.

**Tabla 44** • Extracto de tabla de imprevistos priorizados, con su objetivo específico, Usos BIM e indicadores.

SUBGRUPO DE IMPREVISTOS PRIORIZADO	OBJETIVO ESPECÍFICO	USOS BIM	INDICADOR DE IMPACTO EN LA INFORMACIÓN
Captura	Disminuir los errores en la captura de la información.	1. Levantamiento de condiciones existentes.	Variación en la cantidad de errores en la captura de la información.
Cuantificación	Disminuir los errores en la cubicación de los elementos.	1. Levantamiento de condiciones existentes.	Variación en la cantidad de errores en la cubicación de los elementos.
		2. Estimación de cantidades y costos.	

Cómo se aplica ese material

El equipo del proyecto debe decidir cuál(es) variable(s) quiere mejorar en el proyecto (costo, tiempo y/o alcance), para luego asociar, a cada imprevisto priorizado (en la acción 3), un valor referido a la variable seleccionada.

Por ejemplo, si el equipo quiere reducir costos en el proyecto, y uno de los imprevistos priorizados es que las cubicaciones de luminarias consideran una mayor cantidad que las necesarias, el equipo debe determinar cuál es el sobre costo que genera ese error (cada luminaria extra comprada).

A partir de la línea base, el equipo debe calcular el valor total de los imprevistos priorizados, referido a las variables seleccionadas. De acuerdo con el ejemplo anterior, si cada luminaria comprada tiene un costo promedio de US\$500, y el error de las luminarias sobrantes se repite en promedio 10 veces en cada proyecto de la línea base, el costo promedio total de ese imprevisto asciende a US\$5.000 por proyecto (es decir, US\$500 por 10 luminarias extra).

GRUPO DE IMPREVISTO	SUBGRUPO DE IMPREVISTO PRIORIZADO	IMPREVISTO	SOBRECOSTO QUE GENERA CADA ERROR	CANTIDAD DE VECES QUE SE REPITE EL ERROR	COSTO PROMEDIO TOTAL DEL IMPREVISTO
Recopilación de la información	Cuantificación	Las cubicaciones de luminarias consideran una mayor cantidad que las necesarias.	US\$500	10	US\$5.000



Al momento de medir los indicadores en el piloto, si el obstáculo se mitigó con BIM, esa mitigación se puede valorizar como ahorro, y así se podrá demostrar el impacto de BIM en la(s) variable(s) seleccionada(s) (costo, tiempo y/o alcance). Es decir, si en el proyecto con BIM sobró solo una luminaria, el ahorro generado por su utilización será de US\$4.500 por ese imprevisto en particular (US\$5.000 – US\$500).

	LÍNEA BASE DE PROYECTOS SIN BIM	PROYECTO PILOTO CON BIM
CANTIDAD DE LUMINARIAS SOBRANTES	10	1
OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UTILIZACIÓN DE BIM	Disminuir los errores en la cubicación de los elementos	
INDICADOR DE IMPACTO EN LA INFORMACIÓN	Variación en la cantidad de errores en la cubicación de los elementos	
FÓRMULA	$\frac{ECU2 - ECU1}{ECU2} \times 100$	ECU1: Cantidad de errores en la cubicación de los elementos del proyecto por medir. ECU2: Cantidad promedio de errores en la cubicación de los elementos de la línea base.
RESULTADO	90% menos de errores en la cubicación de los elementos	

VARIABLE DE COSTO	LÍNEA BASE DE PROYECTOS SIN BIM	PROYECTO PILOTO CON BIM
Costo del imprevisto	US\$5.000 (promedio)	US\$500
Ahorro con BIM	-	US\$4.500

Es decir, los indicadores de impacto en la información permiten saber el efecto de BIM, aislado de otros factores. Esto posibilita demostrar, de manera objetiva, cuánto valor agrega BIM al proyecto.



7.3 Parte 2: Acompañamiento de la licitación

La fase de acompañamiento de la licitación del piloto debe considerar aspectos de asistencia, difusión y capacitación tanto en el equipo del proyecto como en el caso del contratista.

Acción 7: Acompañamiento de la licitación

A) Objetivos

El objetivo de esta acción es que el facilitador BIM apoye al equipo del proyecto durante el período de licitación en el proceso de recepción de consultas, recepción de ofertas y revisión de estas últimas.

B) Tareas

El facilitador BIM, en coordinación con el equipo del proyecto, debe realizar, al menos, las siguientes tareas:

- 1) **Difundir el EIR:** Se debe dar a conocer, a los posibles oferentes, el alcance y la vinculación del EIR con los requerimientos generales del proyecto.
- 2) **Apoyar el proceso de consulta y aclaraciones:** Se debe respaldar al equipo del proyecto en su respuesta a las consultas realizadas por las firmas participantes y en la realización de las aclaraciones que fueren necesarias.
- 3) **Desarrollar una tabla de criterios de evaluación:** Se debe generar una tabla que contenga los criterios de evaluación de las propuestas de entregables BIM de los oferentes.
- 4) **Apoyar el proceso de evaluación de ofertas:** Se debe brindar apoyo en lo referente a BIM al equipo del proyecto cuando realice la evaluación de las ofertas. Esta debe responder a los criterios de evaluación preestablecidos y a los planes de ejecución BIM de oferta recibidos. Este análisis debe verificar que el PEB incluya toda la información solicitada, en el EIR, de manera consistente.

C) Entregables

- Respuestas a consultas y aclaraciones necesarias.
- Tabla de criterios de evaluación de las propuestas de entregables BIM de los oferentes.

D) Recomendaciones

Durante la licitación, el facilitador BIM debe capacitar al equipo del proyecto en el análisis y la evaluación de las ofertas. Los equipos del proyecto deben estar familiarizados con la terminología, los alcances y las características del PEB para que este sea consistente con el EIR.



7.4 Parte 3: Acompañamiento del desarrollo del contrato

La fase de acompañamiento del desarrollo del contrato debe considerar aspectos de asistencia, difusión y capacitación tanto hacia el equipo del proyecto como para el contratista.

Acción 8: Acompañamiento del desarrollo del contrato

A) Objetivos

El objetivo de esta acción es que el facilitador BIM brinde apoyo y acompañamiento para mejorar las capacidades del equipo del proyecto en lo que atañe a BIM y responder consultas del contratista durante el desarrollo del contrato.

B) Tareas

- 1) Reunión de inicio:** El facilitador BIM, junto con el equipo del proyecto, debe llamar a una reunión inicial con el contratista adjudicado. En esa reunión deben llevarse adelante las siguientes acciones:
 - El facilitador BIM y el equipo deben exponerle el EIR en detalle al contratista adjudicado.
 - Es necesario nivelar los conocimientos del contratista adjudicado, con explicaciones acerca de los estándares por utilizar.
 - El contratista adjudicado debe exponer el PEB entregado en la oferta y confirmar su disponibilidad de recursos y capacidades en relación con los Usos BIM solicitados. Adicionalmente, debe consensuar y validar la información para el desarrollo del PEB del contrato.
 - El facilitador BIM y el equipo del proyecto deben hacer notar las observaciones que puedan tener sobre el PEB entregado por el contratista en la oferta.
- 2) Evaluación del PEB del contrato:** Después de la reunión, el contratista adjudicado debe entregar el PEB del contrato, y confirmar y complementar la información brindada en el PEB de oferta. Posteriormente, debe presentarlo al equipo del proyecto y al facilitador BIM.
- 3) Validación de entregables:** Por su parte, el equipo del proyecto debe utilizar la información BIM proporcionada por el contratista adjudicado para desarrollar distintas tareas que le competen en el proyecto (por ejemplo: fiscalizar, validar, auditar, etc.). Para ello, se podrán definir protocolos y rutinas de revisión de los entregables.
- 4) Apoyo del seguimiento:** El facilitador BIM, en conjunto con el equipo del proyecto, debe:



- Informar de los avances y resultados del piloto a los actores relevantes.
- Difundir los resultados de la utilización de BIM a la industria.

5) Recolección de datos para medir el desempeño:

- Medir los resultados y avances según los indicadores definidos previamente.
- Comparar los resultados de esta medición con la línea base.

6) Capacitación del equipo: Durante el transcurso del proyecto el facilitador BIM debe capacitar a los equipos internos de la organización involucrados en el proyecto, según el rol que ejerce cada integrante, para gestionar la información BIM que recibirán del contratista adjudicado.

7) Recolección de buenas prácticas y lecciones aprendidas: Durante el desarrollo del proyecto, el equipo del proyecto, junto con el facilitador BIM, debe generar un registro de lecciones aprendidas y buenas prácticas del piloto. Este registro debe incluir los resultados del piloto y el análisis crítico sobre los factores que pueden haber afectado de forma positiva o negativa el proceso con BIM. Esto servirá para incorporar cambios en el EIR a partir de las enseñanzas obtenidas y de los resultados de la medición de indicadores.

C) Entregables

- Reporte de los avances y resultados del piloto y de la utilización de BIM.
- Documentación de lecciones aprendidas.

D) Recomendaciones

Al finalizar el proyecto, se debe evaluar si los Usos BIM solicitados agregaron valor al proyecto y, a la luz de este resultado, revisar los EIR para futuros proyectos.



1 INTRODUCCIÓN A LA GUÍA

2 OBJETIVO DE LA GUÍA

3 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN BIM EN PROYECTOS PILOTO

4 FASE 1: SELECCIÓN DEL PILOTO BIM

5 FASE 2: PLANIFICACIÓN DEL PILOTO BIM

6 FASE 3: DIAGNÓSTICO Y DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN Y CREACIÓN DE CAPACIDADES

7 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DEL PILOTO

**8 ACCIÓN TRANSVERSAL:
CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN**

9 REFERENCIAS

10 ANEXOS

8 Acción transversal: Capacitación y difusión

A) Objetivos

El objetivo de la capacitación en BIM y de la difusión en la materia es, por una parte, preparar a los participantes del proyecto para desempeñar los distintos roles BIM¹⁹ que les correspondan, y además sensibilizar a la organización y a sus colaboradores sobre el valor y los beneficios de BIM para sus procesos y el proyecto piloto.

B) Tareas

Desde la fase de planificación, el facilitador BIM debe generar distintas instancias para capacitar al equipo del proyecto, así como a todos los participantes que se considere necesario dentro de la organización, a lo largo del piloto. Las actividades correspondientes deben diseñarse y organizarse a partir de la información recopilada y de la estrategia elaborada en la fase de diagnóstico, así como en la fase de desarrollo de la estrategia de implementación y creación de capacidades.

Es decir, una vez identificados los participantes del piloto y reconocidos su(s) rol(es) y responsabilidad(es), las acciones que ejecutan durante el proyecto, y su conocimiento sobre BIM, se deben preparar distintas instancias de capacitación que aborden, al menos, lo siguiente:

Fases 1 y 2

- Qué es BIM.
- El valor que BIM puede agregar a un proyecto y a una organización.
- Conceptos preliminares generales (por ejemplo: Usos BIM, objetivos de su aplicación).

Fase 3

- Diagnóstico y desarrollo de la estrategia de implementación y creación de capacidades.
- Qué son los roles BIM.

Fase 4 (implementación del piloto)

Cada taller o sesión que se realice en esta fase debe incluir presentaciones por parte del facilitador BIM que permitan a los participantes del proyecto comprender en mayor profundidad, al menos, los siguientes aspectos:

- Objetivos para la utilización de BIM.
- Estándares nacionales e internacionales.

19. Para más información, véase la sección *Términos, definiciones y nomenclatura*.

- Casos aplicados de BIM.
- Usos BIM.
- Conceptos BIM: niveles y tipos de información, fases del proyecto, imprevistos mitigables con BIM.
- Qué es y cómo construir un EIR BIM.
- Qué es y cómo revisar un PEB.
- Difusión y capacitación sobre los aspectos específicos del EIR una vez que se haya construido este.
- Indicadores de impacto BIM y cómo medirlos.

Adicionalmente, se pueden realizar actividades que ayuden a difundir el uso y la aplicación de BIM y los avances del desarrollo del proyecto, como, por ejemplo, las siguientes:

- Capacitaciones a contratistas sobre el EIR.
- Eventos/charlas de difusión.
- *Newsletters* y publicaciones en redes sobre procesos y resultados.

C) Entregables

Los entregables en esta fase incluirán los listados de participación en los talleres, así como presentaciones, videos y material de aprendizaje compartido durante los mismos.

D) Recomendaciones

- Una vez desarrollado y validado el EIR BIM, este se debe difundir dentro de la organización y con las terceras partes relevantes (por ejemplo, contratistas).
- Se debe capacitar al equipo del proyecto para utilizar el EIR. Para ello, el facilitador BIM debe explicar cuáles son las partes del EIR y cada uno de los entregables, con ejemplos y ejercicios prácticos para los profesionales involucrados.
- Durante la licitación, el facilitador BIM debe capacitar a los equipos internos de la organización involucrados en el proyecto, para gestionar la información BIM que recibirán de los oferentes según el rol que ejerza cada integrante. Luego, durante el desarrollo del contrato, el facilitador BIM debe continuar brindando capacitación a esos equipos internos, a fin de gestionar la información BIM que recibirán del contratista adjudicado.



1 INTRODUCCIÓN A LA GUÍA

2 OBJETIVO DE LA GUÍA

3 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN BIM EN PROYECTOS PILOTO

4 FASE 1: SELECCIÓN DEL PILOTO BIM

5 FASE 2: PLANIFICACIÓN DEL PILOTO BIM

6 FASE 3: DIAGNÓSTICO Y DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN Y CREACIÓN DE CAPACIDADES

7 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DEL PILOTO

8 ACCIÓN TRANSVERSAL: CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN

9 **REFERENCIAS**

10 ANEXOS



9 Referencias

BSI (The British Standard Institution). 2013. Pas 1192-2 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. Londres: BSI.

-----, 2014. Collaborative production of information Part 4: Fulfilling employer's information exchange requirements using CoBie Code of Practice. Londres: BSI.

-----, 2020. Building Information Modelling. Level of Information Need: Concepts and Principles. Londres: BSI.

CIC (Construction Industry Council). 2018. Building information modelling (BIM) protocol, 2da. Edición. Londres: CIC. Disponible en: <https://www.cic.org.uk/uploads/files/old/bim-protocol-2nd-edition-2.pdf>.

Comisión BIM España. 2018. Guía para la elaboración de un PEB. Madrid: Comisión BIM España. Disponible en: <https://cbim.mitma.es/biblioteca>.

ISO (Organización Internacional de Normalización). s/f. Standards. Ginebra: ISO. Disponible en: <https://www.iso.org/standards.html>.

Kreider, R. G. y J. I. Messner. 2013. The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses. Version 0.9. Pensilvania: The Pennsylvania State University.

Lacaze, L. 2020. Encuesta BIM América Latina y el Caribe 2020. Datos interactivos. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Encuesta-BIM-America-Latina-y-el-Caribe-2020.pdf>.

Neelamkavil, J. y S. S. Ahamed. 2012. The Return on Investment from BIM-driven Projects in Construction. Ottawa, ON: National Research Council Canada. Disponible en: <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/ft/?id=af0db2c8-8d85-4e26-b584-f51ae0fa9eb5>.

Penn State College of Engineering. 2019. BIM Project Execution Planning Guide, Version 2.2. Pensilvania: Penn State College of Engineering. Disponible en: <https://bim.psu.edu/downloads/>.

Planbim de Corfo (Corporación de Fomento de la Producción). 2019. Estándar BIM para Proyectos Públicos: Intercambio de información entre solicitante y proveedores. Santiago de Chile: Planbim de Corfo. Disponible en: <https://planbim.cl/biblioteca/documentos/estandar-bim-para-proyectos-publicos/>.

University of Cambridge. 2016. Building Information Modelling (BIM) Execution Plan. Cambridge, Reino Unido: University of Cambridge. Disponible en: https://www.em.admin.cam.ac.uk/files/3_uoc_bimexecutionplan_v1.1.1.pdf.

US Department of Veterans Affairs. s/f. Matriz de Elementos/Objetos. Washington, D.C.: US Department of Veterans Affairs.



1 INTRODUCCIÓN A LA GUÍA

2 OBJETIVO DE LA GUÍA

3 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN BIM EN PROYECTOS PILOTO

4 FASE 1: SELECCIÓN DEL PILOTO BIM

5 FASE 2: PLANIFICACIÓN DEL PILOTO BIM

6 FASE 3: DIAGNÓSTICO Y DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN Y CREACIÓN DE CAPACIDADES

7 FASE 4: IMPLEMENTACIÓN DEL PILOTO

8 ACCIÓN TRANSVERSAL: CAPACITACIÓN Y DIFUSIÓN

9 REFERENCIAS

10 ANEXOS



10 Anexos

Anexo 1 Organizaciones privadas que impulsan BIM en América Latina y el Caribe (Foros BIM)

En el sector privado, hay organizaciones y asociaciones gremiales que están desarrollando iniciativas locales de coordinación, promoción y aprendizaje para promover el uso de BIM a través de los denominados Foros BIM, inspirados en su homónimo BIM Forum US.

Cuadro A1.1 • Países que cuentan con Foros BIM

PAÍS	AÑO DE CREACIÓN
Argentina	2017
Bolivia	2020
Brasil	2020
Chile	2014
Colombia	2017
Costa Rica	2018
Ecuador	2020
El Salvador	2022 (año previsto de lanzamiento)
México	2019
Panamá	2015
Rep. Dominicana	2020
Uruguay	2017
Venezuela	2017

Fuente: Lacaze (2020).

A nivel regional, la Federación Interamericana de la Industria de la Construcción (FIIC) ha creado el BIM Forum Latam, grupo de trabajo enfocado en BIM cuyo objetivo es: “promover la colaboración y el trabajo asociativo entre las entidades BIM de los distintos países de modo de facilitar la internacionalización a diferentes mercados y generar instancias de coordinación y colaboración de proyectos multinacionales con el uso de sistemas BIM” (Lacaze, 2020).



Anexo 2 Estándares y protocolos BIM relacionados

TIPO DE NORMA	NOMBRE	ESTÁNDARES Y PROTOCOLOS	DETALLES
ISO	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).	ISO19650-1:2018	Describe los conceptos y principios de BIM.
	Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM: Information management using building information modelling (Part 2: Delivery phase of the assets).	ISO19650-2:2018	Describe la fase de entrega de los activos.
	Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM: Information management using building information modelling (Part 3: Operational phase of the assets).	ISO 19650-3:2020	Describe la fase operativa de los activos.
	Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM: Information management using building information modelling (Part 4: Information exchange).	ISO/CD 19650-4 (en desarrollo)	Describe el intercambio de información.
	Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM: Information management using building information modelling (Part 5: Security-minded approach to information management).	ISO 19650-5:2020	Describe el enfoque orientado a la gestión y la seguridad de la información.
Manejo de información e interoperabilidad	Information Delivery Manual (IDM).	ISO 29481-1:2016 ISO 29481-2:2012	Describe procesos.
	Industry Foundation Class (IFC).	ISO 16739-1:2018	Transporta información, datos.
	BIM Collaboration Format (BCF).	BuildingSMART BCF	Cambios para la coordinación.
	International Framework for Dictionaries (IFD).	ISO 12006-3:2007 buildingSMART Data Dictionary	Diccionario de términos.
	Model View Definition (MVD).	buildingSMART MVD	Traduce procesos en requisitos técnicos.
	Construction Operations Building Information Exchange (COBie).	BS 1192-4:2014	Transporta información/datos para operación.



Términos y conceptos	Project Building Information Protocol Form.	AIA Document G202-2013	Define cinco Niveles de Desarrollo (LOD).
	Level of Development (LOD) Specification.	Level of Development Specification BIM Forum USA	Define seis LOD.
	Project Execution Planning Guide version 2.1.	BIM Planning at Penn State	Modelo de Plan de Ejecución BIM (PEB) y define 25 Usos BIM.
	Matriz de Elementos/Objetos del US Department of Veterans Affairs.	VA BIM Guide	Define 15 Tipos de Información para cada entidad
	Manual Básico de Entrega de Información (MEI).	BIM Basic Information Delivery Manual - versión 1.0	Define 12 pasos para intercambiar información de manera estructurada.
	Collaborative production of architectural, engineering and construction information-code of practice.	BS 1192: 2007	Define las convenciones de nomenclaturas de archivos y carpetas.
	Estándar BIM para Proyectos Públicos; Intercambio de Información entre Solicitante y Proveedores (Planbim-Corfo).	EBPPP 2019	Define la estructuración de conceptos y términos para asegurar que la información compartida sea suficiente, consistente, de buena calidad e interoperable.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Planbim de Corfo (2019) e ISO (s/f).



Anexo 3 Ejemplos gráficos de levantamiento de procesos

A continuación, se muestra de forma esquematizada un mapa de procesos o flujo de información realizado con los equipos involucrados en pilotos. Se debe tomar en cuenta que se busca definir los procesos y el flujo para el desarrollo de la información de un tipo de proyecto durante las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto.

Para ello, se deberán identificar al menos los siguientes aspectos:

- Objetivo de la tipología de proyecto y sus etapas.
- Etapas, subetapas y actividades del proyecto.
- Actores que participan en el desarrollo, revisión y autorización de cada etapa, a nivel de organizaciones y/o áreas dentro de estas. Se deben contemplar tanto los actores internos de la organización como los actores de otras instituciones involucradas en la tipología de proyecto.
- Actores que prestan apoyo o soporte en el desarrollo de las actividades, tales como equipos legales o administrativos de la organización.
- Información o documentos que se utilizan en las actividades (*input*) y los que se obtienen de esas actividades (*output*).
- Puntos de decisión, con indicación de las entradas y salidas de información a nivel de actividades y etapas del ciclo de vida del proyecto.

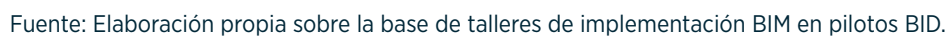
En algunos casos se identifican algunos aspectos de forma complementaria, tales como:

- Tiempos de duración estimados para etapas y subetapas.
- Normativa o marco de referencia.
- Criterios de satisfacción o indicadores de desempeño.

De forma esquematizada, el mapa podrá desarrollar una estructura como la que se aprecia en los esquemas A3.1 y A3.2. Además, se muestra un extracto de uno de los mapas de proceso de resultado en un piloto BID (esquemas A3.3 y A3.4).

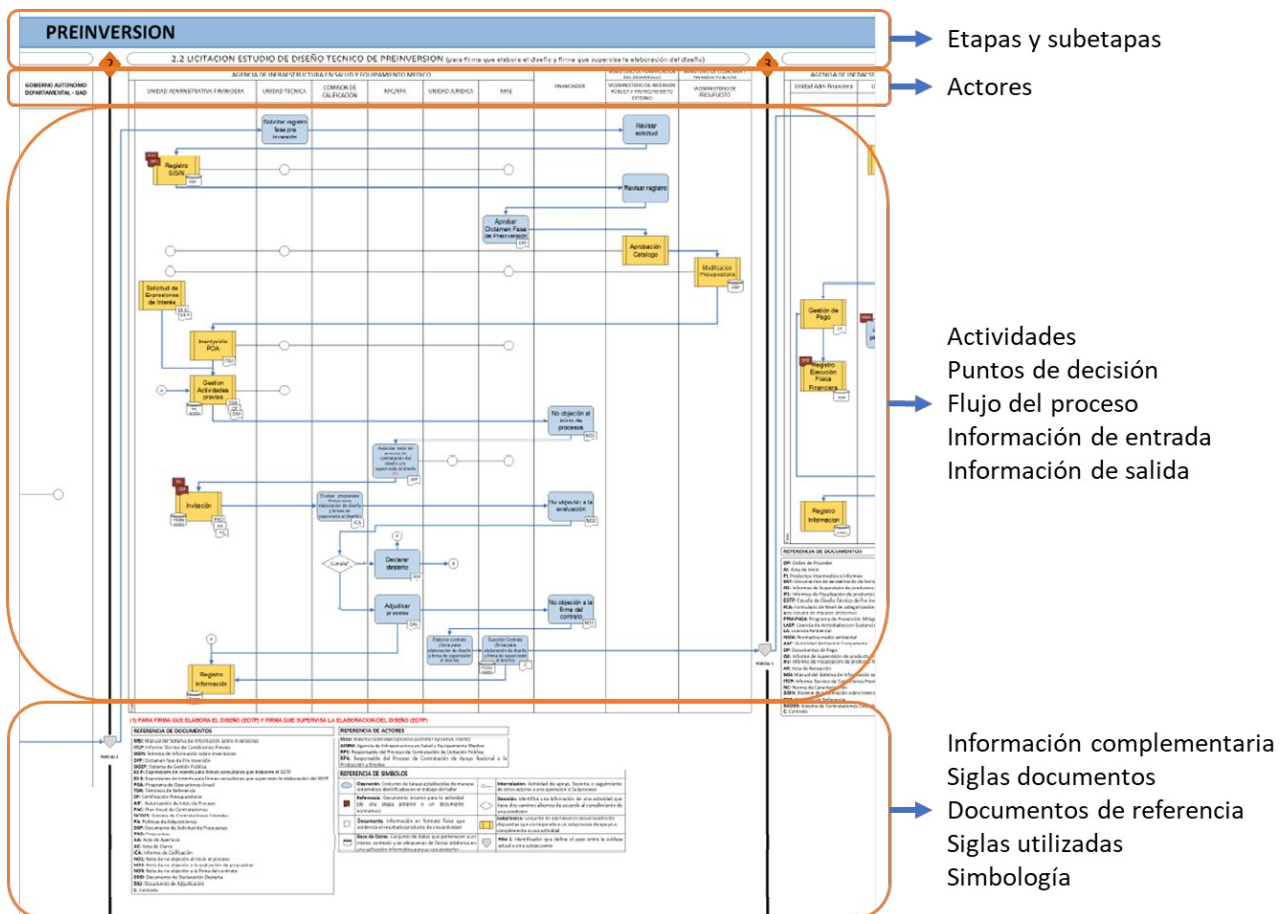


Esquema A3.2



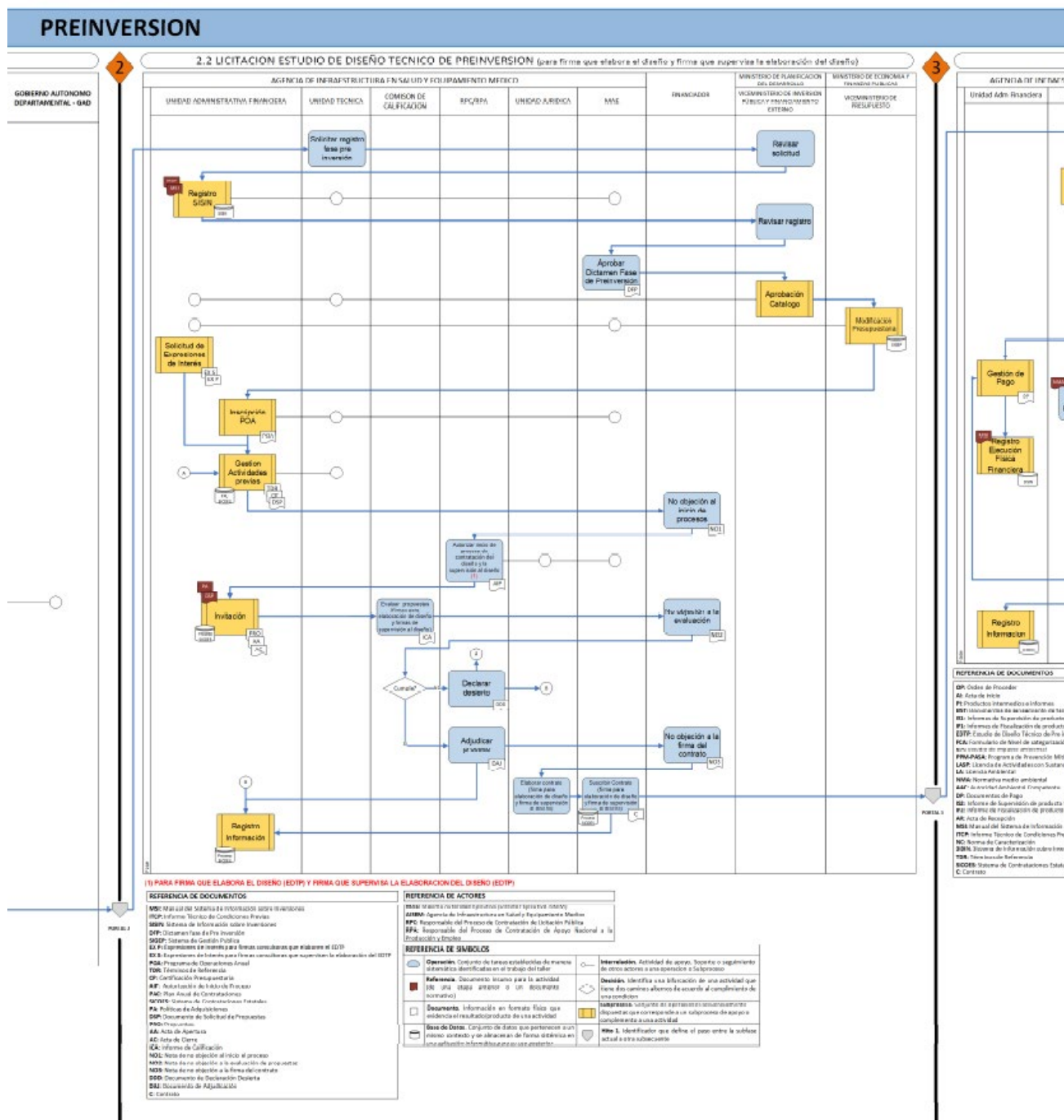


Esquema A3.3 • Extracto mapa de proceso proyecto piloto BID



Fuente: Elaboración propia sobre la base de talleres de implementación BIM en pilotos.

Esquema A3.4 • Extracto mapa de proceso proyecto piloto BID



Fuente: Elaboración propia sobre la base de talleres de implementación BIM en pilotos BID.



Anexo 4 Descripción de los Usos BIM

Un Uso BIM se entiende como un método para aplicar el modelado de información de un activo en las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto para lograr uno o más objetivos específicos (Kreider y Messner, 2013).

Hay diferentes listas de Usos BIM a nivel mundial. Por ello, se torna necesario definir cuál será el marco al cual se hace referencia en este documento, para lo cual se utilizará la base “Building Information Modeling Project Execution Planning Guide”, de la Universidad de Pensilvania, Estados Unidos (Penn State College of Engineering, 2019).

Dicha Guía define 25 Usos BIM, los cuales se exponen en el cuadro A4.1, en el cual puede apreciarse la clasificación de dichos usos a lo largo del ciclo de vida del proyecto, algunos de los cuales pueden satisfacer necesidades en diferentes etapas de un proyecto.



Cuadro A4.1• Usos BIM a lo largo del ciclo de vida de un proyecto

PLANIFICACIÓN	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN
Levantamiento de condiciones existentes			
Estimación de cantidades y costos			
Planificación de fases			
Análisis del programa espacial (zonificación)			
Análisis de ubicación			
	Evaluación de diseño		
	Diseño de especialidades		
	Análisis estructural		
	Análisis lumínico		
	Análisis energético		
	Análisis mecánico		
	Análisis de ingeniería		
	Evaluación de sostenibilidad		
	Validación de normativa		
	Coordinación 3D		
		Planificación de obra	
		Diseño de sistemas constructivos	
		Fabricación digital	
		Control de obra	
			Modelación as-Built
			Mantenimiento preventivo
			Análisis de sistemas
			Gestión de activos
			Gestión y seguimiento de áreas
			Plan y gestión de emergencias

Fuente: Elaboración del BID, basado en adaptación de Planbim de Corfo sobre la base de Penn State College of Engineering (2019).

Por su parte, el Estándar BIM para Proyectos Públicos de Planbim ha tomado las definiciones de Penn State College of Engineering (2019) para su aplicación, ha realizado una revisión de las mismas y las ha incorporado a su estándar (cuadro A4.2).



Cuadro A4.2 • Usos BIM según el Estándar BIM para Proyectos Públicos de Planbim

PLANIFICACIÓN	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN
1. Levantamiento de condiciones existentes			
2. Estimación de cantidades y costos			
3. Planificación de fases			
4. Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación)			
5. Análisis de ubicación			
6. Coordinación 3D			
	7. Diseño de especialidades		
	8. Revisión de diseño		
	9. Análisis estructural		
	10. Análisis lumínico		
	11. Análisis energético		
	12. Análisis mecánico		
	13. Análisis de ingeniería		
	14. Evaluación de sostenibilidad		
	15. Validación de normativa		
		16. Planificación de obra	
		17. Diseño de sistemas constructivos	
		18. Fabricación digital	
		19. Control de obra	
			20. Modelación as-Built
			21. Gestión de activos
			22. Análisis de sistemas
			23. Mantenimiento preventivo
			24. Gestión y seguimiento de espacios
			25. Plan y gestión de emergencias

Fuente: Planbim de Corfo (2019).



Anexo 5 Tabla de imprevistos, Planbim

TABLA DE ETAPAS Y GRUPOS DE IMPREVISTOS			
PLANIFICACIÓN	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN
1. Recopilar			
2. Generar			
3. Analizar			
4. Comunicar			
5. Materializar			

TABLA DE GRUPOS Y SUBGRUPOS DE IMPREVISTOS, USOS BIM, OBJETIVOS, INDICADORES DE IMPACTO EN LA INFORMACIÓN				
GRUPO DE IMPREVISTOS	SUBGRUPO DE IMPREVISTOS	USOS BIM	OBJETIVO BIM	INDICADOR DE IMPACTO EN LA INFORMACIÓN BIM
Recopilación de información	01. Captura	01. Levantamiento de condiciones existentes 14. Evaluación de sustentabilidad 19. Control de obra 20. Modelación as-Built 21. Gestión de activos 22. Análisis de sistemas 24. Gestión y seguimiento de espacios	Disminuir los errores en la captura de la información.	Número de errores en la captura de la información.
	02. Cuantificación	01. Levantamiento de condiciones existentes 02. Estimación de cantidades y costos 14. Evaluación de sustentabilidad 19. Control de obra 20. Modelación as-Built 21. Gestión de activos 22. Análisis de sistemas 24. Gestión y seguimiento de espacios	Disminuir los errores en la cubicación de los elementos.	Número de errores en la cubicación de los elementos.
	03. Monitoreo	14. Evaluación de sustentabilidad 19. Control de obra 21. Gestión de activos 22. Análisis de sistemas 23. Mantenimiento preventivo 24. Gestión y seguimiento de espacios 25. Planificación y gestión de emergencias	Aumentar la información útil sobre el rendimiento de los elementos y sistemas.	Cantidad de información útil sobre el rendimiento de los elementos y sistemas.
	04. Calificación	01. Levantamiento de condiciones existentes 14. Evaluación de sustentabilidad 19. Control de obra 20. Modelación as-Built 21. Gestión de activos 22. Análisis de sistemas 23. Mantenimiento preventivo 24. Gestión y seguimiento de espacios 25. Planificación y gestión de emergencias	Aumentar la confiabilidad de la información acerca del estado de los elementos.	Tasa de confiabilidad de la información acerca del estado de los elementos.



Generación de información	05. Especificación	04. Análisis del cumplimiento del programa espacial 05. Análisis de ubicación 06. Coordinación 3D 07. Diseño de especialidades 09. Análisis estructural 10. Análisis lumínico 11. Análisis energético 12. Análisis mecánico 13. Otros análisis de ingeniería 14. Evaluación de sustentabilidad 16. Planificación de obra 17. Diseño de sistemas constructivos 18. Fabricación digital 21. Gestión de activos 23. Mantenimiento preventivo 24. Gestión y seguimiento de espacios 25. Planificación y gestión de emergencias	Disminuir los errores de información de especificaciones técnicas de los elementos.	Número de errores de información de especificaciones técnicas de los elementos.
	06. Organización	03. Planificación de fases 13. Otros análisis de ingeniería 04. Análisis del cumplimiento del programa espacial 14. Evaluación de sustentabilidad 05. Análisis de ubicación 16. Planificación de obra 06. Coordinación 3D 17. Diseño de sistemas constructivos 07. Diseño de especialidades 18. Fabricación digital 09. Análisis estructural 21. Gestión de activos 10. Análisis lumínico 23. Mantenimiento preventivo 11. Análisis energético 24. Gestión y seguimiento de espacios 12. Análisis mecánico 25. Planificación y gestión de emergencias	Disminuir los errores de posición y colocación de los elementos.	Número de errores de posición y colocación de los elementos.
	07. Dimensionamiento	04. Análisis del cumplimiento del programa espacial 05. Análisis de ubicación 06. Coordinación 3D 07. Diseño de especialidades 09. Análisis estructural 10. Análisis lumínico 11. Análisis energético 12. Análisis mecánico 13. Otros análisis de ingeniería 14. Evaluación de sustentabilidad 16. Planificación de obra 17. Diseño de sistemas constructivos 18. Fabricación digital 21. Gestión de activos 23. Mantenimiento preventivo 24. Gestión y seguimiento de espacios 25. Planificación y gestión de emergencias	Disminuir las indeterminaciones de magnitud y tamaño de los elementos.	Número de indeterminaciones de magnitud y tamaño de los elementos.



Análisis de información	08. Coordinación	04. Análisis del cumplimiento del programa espacial 05. Análisis de ubicación 06. Coordinación 3D 07. Diseño de especialidades 08. Revisión de diseño 09. Análisis estructural 10. Análisis lumínico 11. Análisis energético 12. Análisis mecánico 13. Otros análisis de ingeniería 14. Evaluación de sustentabilidad 16. Planificación de obra 17. Diseño de sistemas constructivos 18. Fabricación digital 21. Gestión de activos 22. Análisis de sistemas 23. Mantenimiento preventivo 24. Gestión y seguimiento de espacios 25. Planificación y gestión de emergencias	Aumentar la coordinación eficaz en la relación de los elementos.	Grado de coordinación eficaz en la relación de los elementos.
	09. Pronóstico	02. Estimación de cantidades y costos 04. Análisis del cumplimiento del programa espacial 05. Análisis de ubicación 06. Coordinación 3D 07. Diseño de especialidades 08. Revisión de diseño 09. Análisis estructural 10. Análisis lumínico 11. Análisis energético 12. Análisis mecánico 13. Otros análisis de ingeniería 14. Evaluación de sustentabilidad 16. Planificación de obra 17. Diseño de sistemas constructivos 18. Fabricación digital 21. Gestión de activos 22. Análisis de sistemas 23. Mantenimiento preventivo 24. Gestión y seguimiento de espacios 25. Planificación y gestión de emergencias	Mejorar la precisión del pronóstico sobre el desempeño de los elementos.	Tasa de precisión del pronóstico sobre el desempeño de los elementos.
	10. Validación	04. Análisis del cumplimiento del programa espacial 05. Análisis de ubicación 06. Coordinación 3D 08. Revisión de diseño 09. Análisis estructural 10. Análisis lumínico 11. Análisis energético 12. Análisis mecánico 13. Otros análisis de ingeniería 14. Evaluación de sustentabilidad 15. Validación normativa 19. Control de obra 21. Gestión de activos 22. Análisis de sistemas 23. Mantenimiento preventivo 24. Gestión y seguimiento de espacios	Aumentar la confiabilidad de la información para asegurar la validación de los elementos.	Promedio de confiabilidad de la información para asegurar la validación de los elementos.



Comunicación de información	11. Visualización	01. Levantamiento de condiciones existentes 02. Estimación de cantidades y costos 03. Planificación de fases 05. Análisis de ubicación 06. Coordinación 3D 07. Diseño de especialidades 09. Análisis estructural 10. Análisis lumínico 11. Análisis energético 12. Análisis mecánico 13. Otros análisis de ingeniería 14. Evaluación de sustentabilidad 15. Validación normativa 16. Planificación de obra 17. Diseño de sistemas constructivos 18. Fabricación digital 19. Control de obra 20. Modelación as-Built 21. Gestión de activos 22. Análisis de sistemas 23. Mantenimiento preventivo 24. Gestión y seguimiento de espacios 25. Planificación y gestión de emergencias	Mejorar la comprensión de la información de los elementos entre los actores involucrados.	Tasa de comprensión de la información de los elementos entre los actores involucrados.
	12. Transformación	01. Levantamiento de condiciones existentes 02. Estimación de cantidades y costos 03. Planificación de fases 04. Análisis del cumplimiento del programa espacial 05. Análisis de ubicación 06. Coordinación 3D 07. Diseño de especialidades 08. Revisión de diseño 09. Análisis estructural 10. Análisis lumínico 11. Análisis energético 12. Análisis mecánico 13. Otros análisis de ingeniería 14. Evaluación de sustentabilidad 15. Validación normativa 16. Planificación de obra 17. Diseño de sistemas constructivos 18. Fabricación digital 19. Control de obra 20. Modelación as-Built 21. Gestión de activos 22. Análisis de sistemas 23. Mantenimiento preventivo 24. Gestión y seguimiento de espacios 25. Planificación y gestión de emergencias	Aumentar la reutilización de la información entre los distintos actores y procesos.	Promedio de reutilización de la información entre los actores y procesos.
	13. Documentación	01. Levantamiento de condiciones existentes 03. Planificación de fases 05. Análisis de ubicación 06. Coordinación 3D 07. Diseño de especialidades 09. Análisis estructural 10. Análisis lumínico 11. Análisis energético 12. Análisis mecánico 13. Otros análisis de ingeniería 17. Diseño sistemas constructivos 18. Fabricación Digital 19. Control de obra 20. Modelación as-Built 21. Gestión de activos 24. Gestión y seguimiento de espacios 25. Planificación y gestión de emergencias	Aumentar la concordancia de la información en la documentación de los componentes.	Variación en la cantidad de información discordante encontrada en la documentación del proyecto.



Comunicación de información	14. Archivo	01. Levantamiento de condiciones existentes 02. Estimación de cantidades y costos 03. Planificación de fases 05. Análisis de ubicación 07. Diseño de especialidades 09. Análisis estructural 10. Análisis lumínico 11. Análisis energético 12. Análisis mecánico 13. Otros análisis de ingeniería 14. Evaluación de sustentabilidad 15. Validación normativa 16. Planificación de obra 17. Diseño sistemas constructivos 18. Fabricación Digital 19. Control de obra 20. Modelación as-Built 21. Gestión de activos 22. Análisis de sistemas 23. Mantenimiento preventivo 24. Gestión y seguimiento de espacios 25. Planificación y gestión de emergencias	Aumentar la disponibilidad de la información de los componentes archivada.	Variación en la cantidad de información disponible archivada de los componentes.
Materialización de información	15. Fabricación	18. Fabricación Digital	Aumentar la cantidad de información para la fabricación de los componentes y/o sistemas.	Variación entre el número de datos solicitados y los entregados para la fabricación de los componentes y/o sistemas.
	16. Ensamblaje	18. Fabricación Digital	Aumentar la cantidad de la información disponible para el ensamblaje de los componentes y/o sistemas.	Variación entre el número de datos solicitados y los entregados para el ensamblaje de los componentes y/o sistemas.
	17. Control	19. Control de obra 21. Gestión de activos 23. Mantenimiento preventivo 24. Gestión y seguimiento de espacios 25. Planificación y gestión de emergencias	Aumentar la cantidad de la información de control actualizada de los componentes y/o sistemas.	Variación en la cantidad de información de control actualizada de los componentes y/o sistemas.
	18. Regulación	21. Gestión de activos 23. Mantenimiento preventivo 24. Gestión y seguimiento de espacios 25. Planificación y gestión de emergencias	Aumentar la cantidad de información del funcionamiento de los componentes y/o sistemas.	Variación en la cantidad de información de funcionamiento de los componentes y/o sistemas.



Anexo 6 Tabla comparativa de Tipos de Información

Los Tipos de Información fueron definidos en la Matriz de Elementos/Objetos desarrollada por el US Department of Veterans Affairs, con la organización de 15 categorías de información, y las propiedades y los atributos funcionales y de rendimiento de los objetos y elementos de modelos BIM en grupos de parámetros. Esta organización ha sido utilizada por países como Australia y Chile, entre otros.

N.º	VETERANS AFFAIRS	PLANBIM CORFO
1	Building Program & Project Meta Data	TDI_A: Información general del proyecto
2	Physical Properties of BIM Objects & Elements	TDI_B: Propiedades físicas y geométricas
3	GeoSpatial and Spatial Location of Objects & Elements	TDI_C: Propiedades geográficas y de localización espacial
4	Manufacturer Specific Information Requirements	TDI_D: Requerimientos específicos de información para el fabricante y/o constructor
5	Specifications	TDI_E: Especificaciones técnicas
6	Estimating, TCO, and Value Engineering Requirements (BIM Use Case)	TDI_F: Requerimientos y estimación de costos
7	Energy Analysis Requirements (BIM Use Case)	TDI_G: Requerimientos energéticos
8	Sustainable Material LEED or Other Requirements	TDI_H: Estándar sostenible
9	Project Environmental & Site Conditions	TDI_I: Condiciones del sitio y medioambientales
10	Program/Space Compliance or Validation	TDI_J: Validación de cumplimiento de programa
11	Code Compliance/Occupant Safety Requirements	TDI_K: Cumplimiento normativo
12	Phases Time Sequencing & Schedule Requirements	TDI_L: Requerimientos de fases, secuencia de tiempo y calendarización
13	Construction Logistics & Sequencing	TDI_M: Logística y secuencia de construcción
14	Building Commissioning Requirements	TDI_N: Entrega para la operación
15	Facilities/Asset Management (Organization Specific Standards)	TDI_O: Gestión de activos

Fuente: Elaboración propia sobre la base de US Department of Veterans Affairs (s/f) y Planbim de Corfo (2019).
TDI: Tipos de Información.

