



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Plan BIM Perú: Análisis comparativo con modelos
internacionales para una adopción efectiva en el sector de
la construcción**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Carlos Alfredo Viera Ramirez

Asesor:
Mgtr. Ing. Lucía Gabriela Chávez Quiroga

Piura, julio de 2025

Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Carlos Alfredo Viera Ramirez, egresado del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI: 72893503 declaro que:

Soy autor del trabajo final titulado:

“Plan BIM Perú: Análisis comparativo con modelos internacionales para una adopción efectiva en el sector de la construcción”

El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil.

El texto de mi trabajo final es original y no vulnera los derechos de terceros o, de ser el caso, derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para lo cual, he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas. Asimismo, el texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico; y que la investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.

En caso de detectarse el incumplimiento de lo declarado asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

La asesoría del trabajo estuvo a cargo de los siguientes docentes de la Universidad de Piura:

• **Mgtr. Ing. Lucía Gabriela Chávez Quiroga**, identificado (a) con DNI: 71726748

Declaro (declaramos) que:

Luego de haber empleado el software de coincidencia Turnitin, revisado las fuentes de información señaladas por el autor, y en razón de mi (nuestra) experiencia como investigador(es), declaro (declaramos) que las ideas expuestas en el trabajo final alcanzan las condiciones de calidad, integridad y originalidad acorde a los objetivos institucionales y estándares en materia de investigación. Finalmente, no asumo (asumimos) responsabilidad por la posible vulneración de derechos de autor en el trabajo final referido, pues tal responsabilidad es exclusiva del autor.

Fecha: 01/07/2025.


Firma del autor¹
Firma del asesor¹

¹ Firma idéntica al DNI. No se admite digital, salvo certificado.

² Firma idéntica al DNI. No se admite digital, salvo certificado.

Agradecimientos

A Dios, por ser la luz que guía cada paso y el refugio donde renacen mis fuerzas.

A mis padres, Karina Ramírez y Alfredo Viera, por enseñarme, con su ejemplo de trabajo incansable y amor incondicional, que los sueños más grandes se construyen ladrillo a ladrillo y siempre con el corazón.

A mi asesora, Gabriela Chávez Quiroga, por creer en la chispa que encendió esta investigación y avivarla con su paciencia, sus preguntas retadoras y su confianza en mis posibilidades.

A todas las personas que han tallado mi vocación: docentes, colegas y amigos y que, sin saberlo, han dejado huellas indelebles en el profesional que hoy soy. Esta tesis es para ustedes, porque cada página lleva un pedacito de la sabiduría y el aliento que me brindaron.



Resumen

Pocas tecnologías han pasado de los laboratorios a los ministerios con tanta rapidez como el Building Information Modeling (BIM). Cuando el Reino Unido, Singapur o Chile publicaron sus primeros mandatos, demostraron que un modelo digital bien gestionado reduce sobrecostos, acorta plazos y hace más transparentes las obras públicas. Inspirado por estos casos, el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú (MEF) lanzó en 2019 el Plan BIM Perú para modernizar la infraestructura nacional y alinearla con la serie ISO 19650.

Pero el mapa de la adopción real es desigual: mientras Provías Nacional o PRONIED ya modelan carreteras y colegios en 3D, muchas oficinas aún revisan planos impresos. Esta tesis se pregunta por qué, tras varios años de pilotos y guías, BIM sigue siendo la excepción en la obra pública. Resolver la duda tiene un fuerte impacto: más de 2 600 proyectos paralizados revelan la urgencia de una gestión de información más eficiente.

Planteamos que la adopción masiva de BIM depende de tres pilares: reglas obligatorias, estándares abiertos y capacitación financiada. Para contrastar esta hipótesis comparamos el Plan BIM Perú con los programas de Reino Unido, Canadá, España, Chile y Singapur, usando análisis documental, normas técnicas (IFC, COBie, Uniclass, ISO 19650) y estudios de caso según Yin.

La investigación se estructura en tres capítulos. El Capítulo 1 desarrolla el marco teórico y detalla los estándares globales. El Capítulo 2 describe la metodología y presenta las variables de comparación: políticas, estándares, marcos de trabajo, impacto, madurez, ventajas y limitaciones. El Capítulo 3 integra la información; muestra similitudes y diferencias, incluye un FODA de la estrategia peruana y formula una hoja de ruta: certificación profesional, incentivos fiscales a la capacitación, biblioteca nacional de objetos BIM, alianzas público privadas y acciones para cerrar la brecha digital regional.

Las conclusiones priorizan las brechas que Perú debe cerrar interoperabilidad, obligatoriedad y formación y los anexos ofrecen casos comparativos. Así, el lector sabrá desde el inicio que esta investigación va de la teoría global al desafío local, con una meta clara: hacer de BIM tenga una adopción eficiente en la infraestructura pública peruana.

Tabla de contenido

Introducción	8
Capítulo 1 Marco teórico.....	9
1.1 Definición de Building Information Modeling, Historia y evolución a nivel global	9
1.1.1 <i>Definición de Building Information Modeling</i>	9
1.1.2 <i>Historia de BIM y evolución a nivel global</i>	9
1.2 Características y Beneficios del BIM	11
1.2.1 <i>Principales características del BIM</i>	11
1.2.2 <i>Beneficios del BIM en la construcción</i>	13
1.2.3 <i>Beneficios del BIM en la inversión pública</i>	13
1.3 Normas y estándares internacionales	14
1.3.1 <i>Industry Foundation Classes</i>	14
1.3.2 <i>Uniclass</i>	14
1.3.3 <i>Construction-Operations Building Information Exchange (COBie)</i>	15
1.3.4 <i>PAS 1192</i>	16
1.3.5 <i>ISO 19650</i>	17
Capítulo 2 Metodología y planes de implementación BIM en países de referentes.....	19
2.1 Enfoque y diseño de la investigación	19
2.1.1 <i>Investigación descriptiva y comparativa</i>	19
2.2 Recolección de datos	21
2.2.1 <i>Fuentes de datos</i>	21
2.3 Planes BIM Internacionales	22
2.3.1 <i>Plan BIM en Reino Unido</i>	22
2.3.2 <i>PLAN BIM en Canadá</i>	24
2.3.3 <i>Plan BIM en España</i>	25
2.3.4 <i>Plan BIM en Chile</i>	26
2.3.5 <i>PLAN BIM en Singapur</i>	27
Capítulo 3 Análisis comparativo del Plan BIM Perú	30
3.1 Estado actual de Perú	30
3.1.1 <i>Políticas y estrategias existentes</i>	30
3.1.2 <i>Estándares nacionales</i>	31
3.1.3 <i>Marco de trabajo y nivel adopción</i>	32
3.1.4 <i>Similitudes y diferencias de: Políticas gubernamentales</i>	37
3.1.5 <i>Similitudes y diferencias de: Estándares</i>	43
3.1.6 <i>Similitudes y diferencias de: Marcos de trabajo</i>	49
3.1.7 <i>Similitudes y diferencias de: Marco teórico</i>	54
3.1.8 <i>Similitudes y diferencias de: Impacto en eficiencia y efectividad</i>	59
3.1.9 <i>Similitudes y diferencias de: Avances significativos</i>	64
3.1.10 <i>Similitudes y diferencias de: Ventajas y desventajas</i>	69
3.2 Identificación de brechas y desafíos en Perú	75
3.3 Propuesta de estrategias y recomendaciones para una implementación efectiva de BIM en Perú	76
3.3.1 <i>Marco normativo</i>	77
3.3.2 <i>Estándares técnicos</i>	78
3.3.3 <i>Gobernanza</i>	79
3.3.4 <i>Capacitación</i>	80
3.3.5 <i>Incentivos</i>	82

Conclusiones.....	85
Recomendaciones	86
Referencias.....	87
Apéndices	106
Apéndice A Casos en Perú	107
Apéndice B Casos en Reino Unido.....	114
Apéndice C Casos en Singapur.....	121
Apéndice D Casos en España	129
Apéndice E Casos en Chile	137
Apéndice F Casos en Canadá	146



Lista de tablas

Tabla 1 Línea de tiempo detallada de la evolución del BIM	9
Tabla 2 Niveles de Madurez en la Gestión de la Información BIM	12
Tabla 3 El estatus general del Plan BIM en los países y los respectivos campos a analizar	34
Tabla 4 Similitudes políticas gubernamentales.....	40
Tabla 5 Diferencias políticas gubernamentales	41
Tabla 6 Políticas gubernamentales	42
Tabla 7 Similitudes de estándares.....	46
Tabla 8 Diferencias de estándares	47
Tabla 9 Estándares	48
Tabla 10 Similitudes de marcos de trabajo	52
Tabla 11 Diferencias de marcos de trabajo.....	52
Tabla 12 Marcos de trabajo	53
Tabla 13 Similitudes marco teórico.....	57
Tabla 14 Diferencias marco teórico	58
Tabla 15 Marco teórico	58
Tabla 16 Similitudes de impacto en eficiencia y efectividad	62
Tabla 17 Diferencias de impacto en eficiencia y efectividad	62
Tabla 18 Impacto en eficiencia y efectividad	63
Tabla 19 Similitudes de avances significativos.....	67
Tabla 20 Diferencias de avances significativos	67
Tabla 21 Avances significativos	68
Tabla 22 Similitudes de ventajas	72
Tabla 23 Diferencias de ventajas.....	72
Tabla 24 Similitudes de desventajas	72
Tabla 25 Diferencias de desventajas.....	73
Tabla 26 Ventajas y desventajas	73
Tabla 27 FODA.....	76

Introducción

Pocas tecnologías han pasado de los laboratorios a los ministerios con tanta rapidez como el Building Information Modeling (BIM). Cuando el Reino Unido, Singapur o Chile publicaron sus primeros mandatos, demostraron que un modelo digital bien gestionado reduce sobrecostos, acorta plazos y hace más transparentes las obras públicas. Inspirado por estos casos, el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú (MEF) lanzó en 2019 el Plan BIM Perú para modernizar la infraestructura nacional y alinearla con la serie ISO 19650.

Pero el mapa de la adopción real es desigual: mientras Provías Nacional o PRONIED ya modelan carreteras y colegios en 3D, muchas oficinas aún revisan planos impresos. Esta tesis se pregunta por qué, tras varios años de pilotos y guías, BIM sigue siendo la excepción en la obra pública. Resolver la duda tiene un fuerte impacto: más de 2 600 proyectos paralizados revelan la urgencia de una gestión de información más eficiente.

Planteamos que la adopción masiva de BIM depende de tres pilares: reglas obligatorias, estándares abiertos y capacitación financiada. Para contrastar esta hipótesis comparamos el Plan BIM Perú con los programas de Reino Unido, Canadá, España, Chile y Singapur, usando análisis documental, normas técnicas (IFC, COBie, Uniclass, ISO 19650) y estudios de caso según Yin.

La investigación se estructura en tres capítulos. El Capítulo 1 desarrolla el marco teórico y detalla los estándares globales. El Capítulo 2 describe la metodología y presenta las variables de comparación: políticas, estándares, marcos de trabajo, impacto, madurez, ventajas y limitaciones. El Capítulo 3 integra la información; muestra similitudes y diferencias, incluye un FODA de la estrategia peruana y formula una hoja de ruta: certificación profesional, incentivos fiscales a la capacitación, biblioteca nacional de objetos BIM, alianzas público privadas y acciones para cerrar la brecha digital regional.

Las conclusiones priorizan las brechas que Perú debe cerrar interoperabilidad, obligatoriedad y formación y los anexos ofrecen casos comparativos. Así, el lector sabrá desde el inicio que esta investigación va de la teoría global al desafío local, con una meta clara: hacer de BIM tenga una adopción eficiente en la infraestructura pública peruana.

Capítulo 1

Marco teórico

1.1 Definición de Building Information Modeling, Historia y evolución a nivel global

1.1.1 Definición de Building Information Modeling

Building Information Modeling (BIM) es una metodología digital colaborativa que permite gestionar la información de un proyecto de construcción durante todo su ciclo de vida, desde la fase diseño hasta la operación y mantenimiento. A diferencia de los métodos tradicionales basados en documentos físicos o modelos en 2D, BIM permite la creación de modelos tridimensionales integrados que consolidan datos geométricos, técnicos, económicos y temporales en una única plataforma, facilitando la comunicación entre los diferentes agentes involucrados en el proyecto (Autodesk, 2024).

1.1.2 Historia de BIM y evolución a nivel global

A continuación, se muestra la tabla 1 Línea de tiempo detallada de la evolución del BIM, basado en Borkowski (2023):

Tabla 1

Línea de tiempo detallada de la evolución del BIM

Año	Hito	Descripción
1962	Idea pionera de "BIM"	Douglas Engelbart propone un sistema de representación digital para arquitectura y construcción.
1975	Publicación de "Building Description System"	Charles Eastman introduce un concepto cercano a BIM en la Universidad Carnegie Mellon.
1980	Primeros desarrollos CAD	Se populariza el uso de AutoCAD; transición de dibujo a diseño asistido por computadora.
1986	ArchiCAD	Graphisoft lanza ArchiCAD, considerado el primer software con funcionalidades BIM.
1992	Concepto de "modelado de edificios virtuales"	Graphisoft impulsa el término "Virtual Building".
1994	IFC (Industry Foundation Classes)	Comienza el desarrollo de IFC por parte de IAI (ahora buildingSMART), para estandarizar la interoperabilidad.

Año	Hito	Descripción
2000	Nacimiento del término BIM	Autodesk empieza a utilizar y promover activamente el término "BIM".
2002	Publicación de papers formales sobre BIM	El MIT y otros institutos publican artículos clave sobre modelado de información.
2005	Avances de IFC	IFC 2x2 estandarizado para interoperabilidad entre softwares.
2007	BIM en proyectos reales	Se comienza a implementar BIM en obras públicas en Noruega, Finlandia y Singapur.
2008	Aparición de COBie	Se lanza COBie (Construction-Operations Building information exchange) en EE. UU.
2011	PAS 1192 en Reino Unido	Primer estándar formal del gobierno británico para implementar BIM en obras públicas.
2013	BIM en políticas nacionales	Reino Unido, Finlandia y Noruega avanzan hacia requerimientos obligatorios de BIM.
2014	BIM en Singapur y Chile	Singapur lanza su ePlanCheck y Chile inicia su Plan BIM.
2016	BIM obligatorio en Reino Unido	Se exige el uso de BIM nivel 2 en todos los contratos públicos.
2018	Publicación de la ISO 19650	Norma internacional que regula la gestión de la información con BIM.
2019	Implementación de ISO 19650	Se adoptan las partes 1 y 2 en múltiples países (Reino Unido, Canadá, Perú, etc).
2020	Avance del Digital Twin	Empieza a emerger la integración BIM + gemelos digitales + IoT.
2021	BIM y sostenibilidad	BIM se vincula estrechamente con metas de sostenibilidad y economía circular.
2022	Adopción en Latinoamérica	Países latinos lanzan guías y pilotos oficiales con BIM.

Año	Hito	Descripción
2023	Evaluación crítica del BIM	Se publican estudios de madurez, brechas y se consolidan entornos CDE (Common Data Environment).
2024	BIM 5D/6D y planificación avanzada	Adopción más masiva de dimensiones superiores (costo, sostenibilidad, mantenimiento).
2025	BIM como estándar global	Se espera que más del 75 % de los proyectos públicos en países desarrollados usen BIM.

Nota. Adaptación Borkowski (2023)

1.2 Características y Beneficios del BIM

1.2.1 Principales características del BIM

Las principales características del Building Information Modeling (BIM) son:

Integración con inteligencia artificial y aprendizaje automático: Las tendencias 2025 señalan que la IA ya automatiza la detección de interferencias, genera análisis predictivos de riesgo y optimiza la planificación. Iniciativas como Autodesk AI reducen tareas repetitivas, mejoran la precisión del diseño y anticipan problemas de obra mediante modelos entrenados con datos históricos (Ragan, 2025; Autodesk, 2025).

Integración con gemelos digitales y tecnologías IoT: La combinación de BIM, gemelos digitales y sensores IoT permite el monitoreo en tiempo real del rendimiento de los edificios, habilitando mantenimiento predictivo y reducciones de costos operativos. Estudios recientes destacan beneficios de eficiencia energética y sostenibilidad en entornos corporativos y educativos (Nasir, 2024; Matterport Editorial Team, 2025).

Modelo 3D inteligente y paramétrico: BIM permite crear representaciones digitales tridimensionales que integran geometría, datos técnicos y relaciones entre los elementos constructivos, facilitando una comprensión integral del proyecto (Cassandro, Mirarchi, Gholamzadehmir, & Pavan, 2024).

Simulación y análisis multidimensional (4D, 5D, 6D, 7D): BIM permite realizar simulaciones que integran dimensiones adicionales como tiempo (4D), costos (5D), sostenibilidad (6D) y mantenimiento (7D), proporcionando una visión más completa y precisa del proyecto (Success Plank Systems, 2024).

Interoperabilidad mediante estándares abiertos: a aprobación de IFC 4.3 como ISO 16739-1 y la publicación de la guía COBie V3 consolidan la interoperabilidad BIM a lo largo del ciclo de vida de un activo. IFC 4.3 extiende el estándar a infraestructuras lineales y refuerza la neutralidad de datos, mientras que COBie V3 estructura la entrega de información para

operaciones y mantenimiento (buildingSMART International, 2024; National Institute of Building Sciences, 2024).

Visualización avanzada con realidad aumentada y virtual: Las tecnologías de realidad aumentada (AR) y realidad virtual (VR) integradas en BIM ofrecen experiencias inmersivas que permiten a los stakeholders interactuar con modelos 3D en tiempo real, mejorando la toma de decisiones y reduciendo cambios costosos en el diseño (Success Plank Systems, 2024).

Colaboración en tiempo real mediante plataformas en la nube: El uso de plataformas BIM basados en la nube permite la colaboración simultánea entre equipos multidisciplinarios, mejorando la coordinación y reduciendo errores durante el ciclo de vida del proyecto (Success Plank Systems, 2024).

A continuación, se muestra la tabla 2 Niveles de Madurez en la Gestión de la Información BIM, basado en Ministerio de Economía y Finanzas (2023):

Tabla 2

Niveles de Madurez en la Gestión de la Información BIM

Nivel	Atribución / Fase	Descripción	Características Clave
0	Inexistente	No se aplica BIM ni se gestiona información digital.	Procesos manuales, sin uso de herramientas digitales ni estándares.
1	Inicial	Uso limitado de herramientas digitales sin una estrategia definida.	Implementación aislada de tecnologías sin integración ni estandarización.
2	Definido	Se han establecido procesos y estándares para la gestión de la información.	Existencia de protocolos y procedimientos documentados para el uso de BIM.
3	Gestionado	La gestión de la información BIM es sistemática y monitoreada.	Uso consistente de herramientas y procesos con seguimiento de indicadores de desempeño.
4	Integrado	Integración de procesos BIM en todas las áreas de la organización.	Colaboración entre disciplinas, uso de entornos comunes de datos (CDE) y flujos de trabajo integrados.

Nivel	Atribución / Fase	Descripción	Características Clave
5	Optimizado	Mejora continua y optimización de procesos mediante análisis de datos.	Implementación de innovaciones, retroalimentación constante y adaptación proactiva de procesos.

Nota. Adaptación de Ministerio de Economía y Finanzas (2023).

1.2.2 Beneficios del BIM en la construcción

Mejora en la toma de decisiones: La visualización temprana de los modelos 3D y sus simulaciones facilita la toma de decisiones informadas por parte de todos los actores del proyecto, incluyendo organismos estatales y ciudadanos (Success Plank Systems, 2024).

Disminución de errores, interferencias reducción o detección temprana de riesgos y mejora de seguridad en obra: Mediante modelos federados la detección anticipada de conflictos (Clash detection), BIM ayuda a evitar retrabajos en obra, optimizando recursos, materiales y mejorando la seguridad en obra (Cassandro, Mirarchi, Gholamzadehmir, & Pavan, 2024).

Reducción de costos y plazos: Estudios recientes demuestran que la incorporación de BIM reduce los sobrecostos entre 15 % y 20 % y acelera el plazo de entrega de los proyectos entre 20 % y 30 % gracias a la detección temprana de interferencias, la simulación 4D/5D y la coordinación en tiempo real (Vlad, 2024; Das, Khursheed, & Paul, 2025; Al Jamal, 2024).

Aumento en la eficiencia energética y sostenibilidad: La integración de BIM con motores de simulación energética y análisis de huella de carbono permite evaluar alternativas de diseño pasivo, materiales y sistemas MEP desde fases tempranas, logrando ahorros energéticos superiores al 20 % y brindando información cuantitativa para cumplir con objetivos de construcción verde (Tanne, Rivana, & Ramadan, 2025; Zhang, 2025).

1.2.3 Beneficios del BIM en la inversión pública

Mayor interoperabilidad y estandarización: La publicación de IFC 4.3 como ISO 16739-1 y la actualización del estándar COBie V3 consolidan la adopción de formatos abiertos que facilitan el intercambio de datos entre entidades públicas, proveedores y organismos fiscalizadores, reduciendo retrabajos y garantizando modelos neutros durante todo el ciclo de vida del activo (buildingSMART International, 2024; National Institute of Building Sciences, 2024).

Optimiza la gestión de activos: En la inversión pública, BIM ofrece ventajas más allá del diseño y construcción, extendiéndose a la operación y mantenimiento de activos públicos mediante gemelos digitales e IoT (Porter, 2024).

Eficiencia de uso de fondos públicos: BIM mejora el control y seguimiento de obras públicas al permitir trazabilidad de decisiones y cambios, lo que fortalece la rendición de cuentas y reduce riesgos de corrupción (Patel, 2025; Veillette, 2024).

1.3 Normas y estándares internacionales

1.3.1 *Industry Foundation Classes*

Industry Foundation Classes (IFC) son, en esencia, el lenguaje común que permite a arquitectos, ingenieros, constructores y gestores de activos conversar sin importar qué software utilicen. Desde que la versión IFC 4.3 se convirtió en la norma ISO 16739 1:2024, el estándar de buildingSMART International se ha consolidado como la columna vertebral para compartir información fiable en cada fase del ciclo de vida de un proyecto (buildingSMART International, 2024; International Organization for Standardization, 2024).

El modelo IFC se basa en una estructura orientada a objetos. Cada componente del entorno construido, por ejemplo, una pared (IfcWall), un espacio habitable (IfcSpace) o el proyecto completo (IfcProject), se describe como una entidad con atributos específicos. Estas entidades se relacionan entre sí en una jerarquía que refleja cómo interactúan en la realidad. Además, los conjuntos de propiedades (Property Sets) agrupan información clave, de modo que todos los participantes acceden a datos coherentes y actualizados (buildingSMART International, 2025).

Beneficios del uso de IFC

Interoperabilidad abierta: Colaborar sin barreras de software es posible gracias a un formato neutro que evita la pérdida de información y los retrabajos (BIMcollab, 2024).

Transparencia y trazabilidad: Los modelos IFC preservan el historial de cambios, lo que facilita auditorías y revisiones a lo largo del diseño, la construcción y la operación (buildingSMART International, 2024).

Sostenibilidad y eficiencia: El estándar se integra con simulaciones energéticas y con gemelos digitales basados en IoT, ayudando a optimizar el consumo de recursos y a planificar mantenimientos de forma proactiva (buildingSMART International, 2025).

Reducción de costos: Diversos gobiernos que han adoptado IFC reportan ahorros de entre un 10 % y un 20 % al minimizar inconsistencias y mejorar la coordinación del proyecto (buildingSMART International, 2024).

1.3.2 *Uniclass*

Unified Classification for the Construction Industry (Uniclass) es, en términos sencillos, el “código postal” que ayuda a que toda la industria de la construcción hable el mismo idioma. NBS lo actualiza cada trimestre y su edición de abril de 2025 añadió nuevas entradas y afianzó la meta de ofrecer una codificación coherente para cualquier elemento del entorno construido (NBS, 2025).

Estructura de Uniclass

El sistema se divide en catorce tablas jerárquicas, cada una identificada por un prefijo de dos letras y una serie numérica. Esto permite pasar de lo más grande a lo más específico con un solo código. A continuación, se muestran las tablas más conocidas:

Actividades (Ac): Clasifica las actividades que se llevan a cabo en los espacios construidos.

Complejos (Co): Agrupa conjuntos de entidades que forman un complejo, como hospitales o campus universitarios.

Entidades (En): Define unidades independientes dentro de un complejo, como edificios individuales.

Sistemas (Ss): Clasifica sistemas técnicos y funcionales, como sistemas eléctricos o climatización.

Productos (Pr): Incluye productos individuales utilizados en la construcción, desde materiales hasta equipos específicos.

Espacios/Ubicaciones (SL): Clasifica espacios físicos dentro de las entidades, como habitaciones o áreas específicas.

Gestión de Proyectos (PM): Clasifica documentos y procesos relacionados con la gestión de proyectos, como informes de riesgos o certificados de seguridad (NBS, 2022).

Estas tablas permiten una clasificación detallada y coherente de todos los aspectos de un proyecto de construcción, desde la planificación hasta la operación y mantenimiento.

Beneficios del uso Uniclass:

Estandarización: un mismo código para el mismo elemento evita confusiones y ahorra tiempo (NBS, 2022).

Compatibilidad BIM e ISO 19650: está alineado con los estándares internacionales de gestión de la información (NBS, 2022).

Acceso abierto: su licencia CC BY ND 4.0 permite usarlo sin coste en proyectos públicos y privados (NBS, 2025).

Actualizaciones constantes: NBS publica mejoras cada enero, abril, julio y octubre, manteniendo el sistema al día (NBS, 2025)

1.3.3 Construction-Operations Building Information Exchange (COBie)

La Construction Operations Building Information Exchange, mejor conocida como COBie, es un formato abierto pensado para que la información vital de un edificio, desde los espacios hasta los equipos y sus garantías, llegue completa y ordenada al equipo de operación. En otras palabras, sustituye las carpetas llenas de manuales y planos impresos por un archivo

digital que los gestores pueden cargar directamente en sus sistemas de Facility Management (National Institute of Building Sciences, 2025).

COBie estructura la información en tablas relacionadas que pintan una radiografía detallada del edificio. Las más utilizadas incluyen:

Espacios (Rooms): ubicación y superficie de cada área.

Equipos (Assets): número de serie, vida útil y garantías de cada componente.

Sistemas (Systems): agrupaciones funcionales como HVAC o electricidad.

Mantenimiento programado: frecuencia y tareas preventivas.

Contactos: datos de fabricantes, instaladores y responsables de garantía.

Documentos: manuales, planos y certificados vinculados.

Así, el personal de mantenimiento puede saber qué hay, dónde está y cómo cuidarlo, algo crucial en hospitales, aeropuertos o campus universitarios (United BIM, 2025).

Beneficios de uso COBie:

Ahorro operativo: menos tiempo buscando datos y menos errores durante la puesta en marcha (Pinnacle Infotech, 2025).

Interoperabilidad: el archivo COBie se importa en plataformas CAFM, CMMS o ERP sin depender de un software propietario (Technostruct, 2025; National Institute of Building Sciences, 2025).

Eficiencia documental: un único archivo digital sustituye pilas de documentos y facilita la validación de la información (United BIM, 2025)

Transparencia y trazabilidad: cada activo y cambio queda registrado, lo que simplifica auditorías y eleva la rendición de cuentas (National Institute of Building Sciences, 2025).

Sostenibilidad: al mantener la información viva, apoya estrategias de ciclo de vida y economía circular (Pinnacle Infotech, 2025).

1.3.4 PAS 1192

Entre 2013 y 2018, la serie PAS 1192 del British Standards Institution marcó la hoja de ruta para que el Reino Unido implantara el BIM Nivel 2 en la contratación pública. Aunque hoy estas PAS han sido retiradas y sustituidas por la serie ISO 19650, su legado sigue presente en el idioma y los procesos BIM que usamos a diario (Cabinet Office, 2011; UK BIM Framework, 2024).

La serie introdujo ideas que pusieron orden al caos de planos y documentos dispersos. Los términos que nacieron entonces aún aparecen en los contratos y guías actuales:

CDE – Common Data Environment: la “única fuente de verdad” donde se organiza y controla toda la información de proyecto (BSI, 2013).

PIM – Project Information Model: la versión del modelo que sirve durante diseño y construcción (BSI, 2013).

AIM – Asset Information Model: el modelo que se actualiza para operar y mantener el activo (BSI, 2014).

EIR – Exchange Information Requirements: el pliego donde el cliente define qué información necesita y en qué formato.

BEP – BIM Execution Plan: el plan que explica cómo el equipo cumplirá los EIR dentro del CDE.

Gestor de información: rol responsable de la calidad y el flujo de datos dentro del CDE.

Estructura de PAS 1192:

Cada documento cubría una fase o tema específico del ciclo de vida del activo:

PAS 1192 2:2013 – Gestión de la información en la fase de entrega (capital/delivery) (British Standards Institution, 2013).

PAS 1192 3:2014 – Gestión de la información en la fase operativa del activo (British Standards Institution, 2014).

BS 1192 4:2014 – Intercambio de información usando el formato COBie (British Standards Institution, 2014).

PAS 1192 5:2015 – Requisitos de seguridad digital para entornos BIM (British Standards Institution, 2015).

PAS 1192 6:2018 – Gestión de información de salud y seguridad mediante BIM (British Standards Institution, 2018).

Beneficios de uso de PAS 1192:

Lenguaje común: términos como CDE, EIR o BEP aún se usan en ISO 19650, evitando malentendidos en licitaciones internacionales (UK BIM Framework, 2024).

Colaboración real: el CDE con estados WIP, Shared y Published redujo duplicidades y retrabajos (British Standards Institution, 2013).

Roles claros: la figura del gestor de información fortaleció la trazabilidad y la calidad de los datos.

1.3.5 ISO 19650

La serie ISO 19650 funciona como una brújula internacional: indica cómo organizar, compartir y custodiar la información de un proyecto BIM desde el primer boceto hasta la

demolición del activo. Nació tomando como base la británica PAS 1192, pero amplió horizontes para que cualquier equipo, en cualquier país, trabaje bajo las mismas reglas (International Organization for Standardization, 2018; UK BIM Framework, 2024).

La PAS 1192 era precisa en diseño y construcción, pero corta para la etapa operativa. ISO 19650 cubre todo el ciclo de vida. Esto significa menos detalle “constructivo” en el texto, sí, pero muchísima más flexibilidad y escalabilidad para contratos internacionales (BSI Group, 2025).

Estructuras de la norma ISO 19650:

La serie ISO 19650 se divide en varias partes, cada una enfocada en distintas fases del ciclo de vida de un activo:

ISO 19650 1:2018 – Conceptos y principios. (International Organization for Standardization, 2018).

ISO 19650 2:2018 – Entrega de activos. (International Organization for Standardization, 2018).

ISO 19650 3:2020 – Operación de activos. (International Organization for Standardization, 2020).

ISO 19650 4:2022 – Intercambio de información. (International Organization for Standardization, 2022).

ISO 19650 5:2020 – Seguridad de la información. (International Organization for Standardization, 2020).

ISO 19650 6:2023 – Salud y seguridad basadas en datos. (BSI Group, 2025).

Beneficios clave de implementar ISO 19650:

Lenguaje global unificado: facilita licitaciones y colaboraciones con equipos de distintos países (Procore Technologies, 2024).

Gestión integral del activo: mantiene la coherencia documental de principio a fin (BSI Group, 2025).

Menos errores, menos retrabajos: roles claros y flujos establecidos reducen confusiones (12d Synergy, 2024).

Capítulo 2

Metodología y planes de implementación BIM en países de referentes

2.1 Enfoque y diseño de la investigación

2.1.1 *Investigación descriptiva y comparativa*

La presente investigación adopta un enfoque metodológico descriptivo-comparativo, fundamentado en la recopilación y análisis de información proveniente de planes BIM oficiales, normativas técnicas, estudios académicos y guías institucionales. El objetivo es analizar y comparar la implementación del plan BIM en diferentes países, identificando similitudes y diferencias en las políticas, estándares y marcos de trabajo. Este análisis se va a analizar en los siguientes países de referencia: Perú, Reino Unido, Canadá, España, Chile y Singapur.

La investigación descriptiva se enfoca en describir y analizar las características y particularidades de la implementación del plan BIM en cada país, considerando las siguientes variables:

Políticas gubernamentales y entidades impulsoras (PGEI): Describe las políticas y entidades que impulsan la implementación de BIM en cada país.

Estándares nacionales (EN): Identifica, en cada país las normas locales y guías oficiales que concretan el BIM. Será un campo clave de análisis para ver cómo se regula y aplica la metodología en la práctica.

Marco de trabajo (MTr): Presenta los estándares nacionales que se utilizan para la implementación de BIM en cada país.

Estándares adoptados (EA): Presenta los estándares internacionales que se han adoptado para la implementación de BIM en cada país.

Marco teórico (MTe): Describe la base teórica o metodológica que se utiliza para implementar BIM en cada país.

Entidades responsables (ER): Presenta las entidades o instituciones que son responsables de implementar y supervisar la implementación de BIM en cada país.

Estado del mandato (EM): Describe el nivel de obligatoriedad o recomendación de la implementación de BIM en cada país.

Impacto en eficiencia y efectividad (IEE): Presenta los beneficios y mejoras que se han logrado en la eficiencia y efectividad gracias a la implementación de BIM en cada país.

Nivel de madurez (NM): Describe el nivel de desarrollo y adopción de BIM en cada país.

Avances significativos (AS): Presenta los logros y progresos que se han alcanzado en la implementación de BIM en cada país.

Ventajas (Vt): Describe los beneficios y ventajas que se obtienen al implementar BIM en cada país.

Desventajas (Dv): Presenta los desafíos y limitaciones que se enfrentan al implementar BIM en cada país.

Nivel de obligación (NO): Describe el nivel de obligatoriedad o recomendación de la implementación de BIM en cada país.

Por otro lado, la investigación comparativa busca identificar similitudes y diferencias entre los países estudiados, permitiendo extraer aprendizajes y enfoques replicables que contribuyan a una adopción más efectiva del plan BIM Perú.

Métodos cualitativos para el análisis

La investigación emplea métodos cualitativos para interpretar, comprender y contextualizar la implementación del BIM en los países seleccionados (Creswell, 2014). Se han utilizado técnicas como el análisis documental los cuales son casos de aplicación y la revisión de contenido para examinar las políticas, estándares y marcos de trabajo. Esto permite identificar patrones, tendencias y buenas prácticas en la implementación del BIM.

La definición de estas variables ha tomado en cuentas las recomendaciones internacionales de organizaciones como el BSI, buildingSMART International y BCA.

Se ha realizado una comparación crítica entre los enfoques de dimensiones como la gobernanza, obligatoriedad, interoperabilidad y desarrollo de capacidades, estos enfoques de dimensiones seguirán un enfoque el enfoque de la guía de Yin (Yin, 2014), para este caso se adaptará su guía la cual ayuda a diseñar y realizar métodos de estudios cualitativos mediante el estudio de casos aplicativos, en este caso se aplicarán el método para casos en cada país a analizar. Esto permite identificar buenas prácticas y barreras en la implementación del BIM y formular recomendaciones estratégicas para una adopción más efectiva.

Dichas dimensiones se adaptarán conforme a la guía para la realizar un estudio con metodología cualitativa mediante casos, los cuales se expondrán en su respectivo capítulo, conforme a las dimensiones previamente mencionadas, y teniendo en cuenta que los campos a analizar van a ser propios de la muestra de casos, la relación entre los puntos analizar y las dimensiones serán las siguientes:

Gobernanza: Marco teórico.

Obligatoriedad: Nivel de obligación

Interoperabilidad: Nivel de madurez

Desarrollo de capacidades: Impacto en eficiencia y efectividad, avances significativos, ventajas y desventajas.

Se tomarán en cuenta solo estos puntos en el análisis de casos, ya que los otros puntos, se analizan dentro del plan BIM correspondiente a cada país, ya que son puntos son parte de las políticas gubernamentales de cada país, los cuales son tomados de forma obligatoria o bajo convenios durante la implantación de la metodología BIM al ejecutar el plan BIM, dichos puntos son: políticas y entidades impulsoras, estándares nacionales, entidades responsables, estado de mandato, estándares adoptados, marco de trabajo y obligación.

2.2 Recolección de datos

2.2.1 Fuentes de datos

Las fuentes de información utilizadas incluyen documentos oficiales y planes gubernamentales, normas y estándares internacionales, informes técnicos y guías profesionales, artículos académicos, fuentes especializadas y portales BIM, y observación y análisis de plataformas oficiales. Se han seleccionado fuentes relevantes y actualizadas que permitan analizar y comprender la implementación del BIM en cada país, considerando las particularidades y contextos específicos de cada uno de ellos.

Documentos oficiales y planes gubernamentales:

Plan BIM Perú y guía nacional BIM (Ministerio de economía y finanzas del Perú, 2021).

Plan de implementación BIM 2025 (Autoridad nacional de infraestructura, 2024).

Plan de incorporación de la metodología BIM en la contratación pública (CIBIM, España, 2023).

Singapore BIM Guide & Code of Practice for BIM e Submission (Building and Construction Authority, 2016–2023).

Digital Project Delivery Standards (Alberta Infrastructure, 2021).

Normas y estándares internacionales:

Serie BS EN ISO 19650 (BSI, 2018–2025).

IFC 4.3 e ISO 16739 1 (buildingSMART International, 2024).

COBie V3 (National institute of building sciences, 2023).

UNICLASS (NBS, 2025) y matriz de madurez Bew Richards (Bew & Richards, 2012).

Informes técnicos y guías profesionales:

Estándar BIM para proyectos públicos (Planbim, 2019).

Canadian BIM Initiative (Building Transformations, 2022).

The business value of BIM for water projects (Dodge Data & Analytics, 2021).

Artículos académicos:

Yin, R. K. (2018). Case Study Research and Applications.

Kassem, M. et al. (2020). Diffusion of BIM in Singapore.

Marín, M., Mego, S. & Ruiz, P. (2023). Diagnóstico BIM en Perú.

Fuentes especializadas y portales BIM:

UK BIM Framework (2021–2024).

BIM community y BIMDesignHub (2023–2025).

Revizto Blog: “BIM standards: ISO 19650 and more” (Revizto, 2024).

Observación y análisis de plataformas oficiales:

Planbim Chile (observatorio de licitaciones y PARPro).

CORENET X Singapore (portal regulatorio).

CIBIM España (Repositorio del plan BIM).

2.3 Planes BIM Internacionales

Los gobiernos pueden impulsar la adopción de la tecnología BIM en la industria de la construcción a través de programas nacionales que establecen directrices, estándares y políticas claras. Estos programas permiten la integración sistemática de prácticas BIM en la cadena de valor de la industria, lo que reduce la confusión y los problemas de compatibilidad, y facilita la colaboración entre las partes interesadas.

Al implementar programas nacionales de BIM, los países pueden establecer protocolos y estándares consistentes para el sector de la construcción, lo que promueve la eficiencia y la productividad. Países como el Reino Unido, Canadá, España, Chile y Singapur han adoptado enfoques diferentes en la implementación de BIM, lo que ofrece valiosas perspectivas sobre las estrategias efectivas y los desafíos que se pueden enfrentar.

El estudio de los planes de implementación de BIM de estos países puede proporcionar información valiosa sobre las políticas clave, los estándares nacionales y los marcos de trabajo establecidos, lo que puede ser útil para otros países que buscan implementar programas similares. En general, los programas nacionales de BIM son una herramienta importante para promover la adopción de la tecnología BIM y mejorar la eficiencia en la industria de la construcción.

2.3.1 Plan BIM en Reino Unido

El Reino Unido cuenta con uno de los programas nacionales de BIM más complejos y maduros a nivel mundial, construido sobre el legado del mandato de BIM nivel 2, que estableció un enfoque estructurado para la implementación de los principios BIM en toda la industria de la construcción del país (UK Government, 2016). El mandato de BIM Nivel 2 se estableció en 2016, exigiendo el cumplimiento del BIM Nivel 2 para los proyectos de contratación centralizada en el sector pública (UK Government, 2016). Hoy en día, el Marco

BIM del Reino Unido tiene un alcance mucho más amplio y aborda el ciclo de vida completo de los proyectos, promoviendo la transformación digital tanto en el sector privado como en el público (UK BIM Alliance, 2022).

Esta evolución se ha logrado gracias a la publicación de documentos clave como el “Transforming Infrastructure Performance (TIP): Roadmap to 2030”, que cambió el Mandato BIM al Mandato de Gestión de la Información, que ahora se lleva a cabo utilizando el Marco BIM del Reino Unido (UK Government, 2021). El marco BIM del Reino Unido es el enfoque general para implementar BIM en el Reino Unido, utilizando el marco para la gestión de la información proporcionado por la serie ISO 1950 (British Standards Institution, 2018). El Centro para la construcción digital del Reino Unido (CDBB), una organización clave detrás del marco BIM del Reino Unido, completó su misión de cinco años en septiembre de 2022 (Centre for Digital Built Britain, 2022).

La adopción de BIM en el Reino Unido se considera una herramienta clave para lograr los objetivos de sostenibilidad y eficiencia energética en el país (UK Government, 2020). La “National infrastructure strategy” planifica mejora de la infraestructura del Reino Unido para ayudar a equilibrar el desarrollo regional, fortalecer la Unión y lograr emisiones netas cero para 2050 (UK Government, 2020). El “Construction Playbook” proporciona políticas y consejos clave sobre cómo deben evaluarse, adquirirse y entregarse los proyectos y programas públicos (UK Government, 2020). Para los proyectos financiados con fondos públicos, se requiere la conformidad con el marco BIM del Reino Unido en virtud del mandato de gestión de la información detallado en la hoja de ruta TIP 2030 y por las expectativas del gobierno dentro del Construction Playbook (UK Government, 2021).

El marco BIM del Reino Unido se basa en un conjunto de estándares y documentos que guían el uso efectivo de BIM, incluyendo la serie BS EN ISO 19650, que guía la gestión de la información durante el diseño, la construcción y la operación (British Standards Institution, 2018). La integración de las normas ISO 19650 en las prácticas cotidianas es vital por varias razones, incluyendo la consistencia y la estandarización, que establecen un enfoque unificado para la gestión de la información en todas las etapas del proyecto, reduciendo errores, falta de comunicación y retrasos, al tiempo que controlan los costos (British Standards Institution, 2018). La adopción de la serie BS EN ISO 19650 de Reino Unido se alinea con las prácticas globales de la gestión de la información en BIM, centrándose en la compatibilidad y la escalabilidad internacionales (buildingSMART International, 2022).

El Reino Unido define los niveles de BIM del 0 al 3, que representan una colaboración e integración crecientes de los procesos digitales (UK Government, 2016). El BIM nivel 2, que requiere modelos CAD 3D colaborativos para los contratos públicos, fue un hito clave y actualmente es obligatorio (UK Government, 2016). Existe un debate sobre un posible futuro mandato para el BIM nivel 3 para 2025, que representaría una colaboración total con un modelo basado en la nube (UK BIM Alliance, 2022).

2.3.2 PLAN BIM en Canadá

Canadá no cuenta con un mandato nacional de BIM ni con planes nacionales para su implementación, en comparación con otros países. Sin embargo, la adopción de BIM en Canadá ha sido impulsada por diversas iniciativas nacionales y la participación del gobierno. Un ejemplo notable es la estrategia BIM de buildingSMART Canadá, que proporciona un enfoque integral para la integración e implementación de BIM dentro de la industria canadiense de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC). Esta estrategia fomenta la colaboración entre las principales partes interesadas, incluidas las agencias gubernamentales, para promover el uso de BIM y abordar los desafíos de su implementación.

BuildingSMART Canadá (bSC) actúa como la autoridad nacional en modelado de información para la construcción (BIM), entrega digital de proyectos y estándares de entrega del ciclo de vida de los activos. Como organización federal sin fines de lucro, bSC aboga por estándares abiertos e interoperables para impulsar la transformación digital en la industria de activos construidos de Canadá (buildingSMART Canadá, 2022). Un proyecto de investigación exhaustivo sobre la implementación de openBIM para una hoja de ruta canadiense investiga el viaje transformador de los sectores canadienses de Arquitectura, ingeniería, construcción, propietarios, operadores y municipios (AECOOM) a medida que adoptan BIM y los estándares openBIM para digitalizar la planificación, el diseño, la construcción y la gestión.

La implementación de BIM en Canadá se caracteriza por una fuerte influencia de iniciativas lideradas por la industria como buildingSMART Canadá, pero la naturaleza descentralizada de su gobernanza genera variaciones significativas en la adopción y las políticas entre las diferentes provincias (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011). En contraste, el enfoque de Canadá, liderado por el Consejo Canadiense de BIM (CanBIM), es más flexible y se adapta a las diferencias regionales. Si bien CanBIM proporciona certificación profesional, programas educativos y pautas de mejoras prácticas, la falta de un estándar nacional único ha resultado en diferentes niveles de madurez BIM en las distintas provincias.

BuildingSMART Canadá ha desarrollado una hoja de ruta BIM para impulsar, guiar y sostener la transformación digital en la industria canadiense de AEC, centrándose en la entrega colaborativa de proyectos utilizando herramientas, tecnologías y procesos BIM alineados con iniciativas globales (buildingSMART Canadá, 2022). Esta hoja de ruta incluye actividades para desarrollar una estrategia y un estándar nacional de BIM, directrices BIM, especificaciones para certificaciones BIM canadienses y mejoras prácticas.

Aunque BIM ofrece ventajas significativas para la gestión de todo el ciclo de vida de los proyectos de construcción, su adopción en el sector construcción canadiense sigue siendo limitada. En comparación con otros países, Canadá no cuenta con un mandato BIM vigente ni con planes nacionales claros para implementar BIM, y parece estar rezagado con respecto a la tendencia mundial de adopción de BIM (Kassem & Succar, 2017). BIM en Canadá está siendo utilizado regularmente por el 31% de las empresas y organizaciones (Canadian BIM Council

[CanBIM] & buildingSMART Canada, 2020). Las tasas de adopción varían significativamente entre provincias, con Quebec y Alberta mostrando tasas más altas en comparación con otras.

Debido a la ausencia de un Plan BIM vigente, para mejorar la probabilidad de una adopción exitosa, es esencial abordar la escasez de recursos BIM críticos. Las barreras para la adopción de BIM en Canadá incluyen problemas técnicos, legales, culturales, financieros y de gestión. Un estudio que emplea redes de creencias bayesianas (BNN) para evaluar los factores que influyen en la implementación exitosa de BIM en Canadá indica que, en las condiciones actuales, la probabilidad de una implementación exitosa de BIM es relativamente baja (Liu & Xiao, 2020).

2.3.3 Plan BIM en España

En 2018, el gobierno español creó la Comisión Interministerial BIM (CIBIM) para desarrollar un Plan para incorporar BIM en la contratación pública. El plan BIM para la contratación pública, propuesto por la CIBIM, fue aprobado por el Consejo de ministros en su reunión del 27 de junio de 2023 (Comisión Interministerial BIM, 2023). El uso de BIM en la contratación pública persigue un doble objetivo digital del sector de la construcción.

El plan BIM establece un calendario progresivo para la exigencia obligatoria o recomendada de BIM por parte de los poderes adjudicadores, comenzando el 1 de abril de 2024, desde un nivel inicial hasta un nivel integrado, que requerirá requisitos más complejos, que se alcanzarán en abril de 2030 (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023). El plan es una instrucción interna, obligatoria para los poderes adjudicadores de la Administración General del Estado y sus organismos dependientes, y una recomendación para los poderes adjudicadores del resto de entidades del sector público estatal (Gobierno de España, 2022). La estrategia BIM de España está fuertemente centrada en el uso de la contratación pública como mecanismo para impulsar la adopción de BIM en todo el sector de la construcción, con un mandato claro y un cronograma de implementación progresivo para los proyectos públicos (Comisión Europea, 2020). El uso de BIM es uno de los pilares fundamentales de la digitalización del sector de la construcción, contribuyendo a aumentar la seguridad, la sostenibilidad y la resiliencia de la industria, y a fortalecer y mejorar la competitividad tanto en el contexto nacional como en los mercados internacionales (Eastman, Lee, & Fazio, 2011). El plan BIM para la Contratación Pública establece una adopción gradual y progresiva de esta metodología en diversos contratos públicos de la Administración General del Estado (AGE) y del sector público estatal relacionados con la construcción (Ministerio de Hacienda y Función Pública, 2022). Su implementación en la contratación pública persigue los siguientes objetivos: mejorar la eficiencia del gasto público en contratos relacionados con el sector público, reduciendo los plazos y los costos en la ejecución de contratos del sector público y mejorando la productividad; y mejorar la competitividad de las empresas españolas, tanto a nivel nacional como internacional (Confederación Nacional de la Construcción, 2020). La política BIM de España está estratégicamente alineada con los objetivos nacionales y de la

Unión Europea para la digitalización, la sostenibilidad y la competitividad económica, lo que indica una visión holística del impacto potencial de BIM (Comisión Europea, 2020). El plan prevé un uso gradual y progresivo de BIM, estableciendo el uso de estándares abiertos como criterio general (buildingSMART International, 2022). España confía en las plataformas creadas por el Ministerio de Fomento para ayudar a implementar BIM (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023).

Building Smart Spain (esBIM) se constituyó formalmente en noviembre de 2014 y sirvió como punto de referencia para la adopción de BIM en España (buildingSMART Spain, 2022). La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) es responsable del desarrollo de normas y certificaciones técnicas en España y ha creado el Comité de Normalización AEN/CTN 41/SC13 para la organización de modelos de información relacionados con la construcción y la ingeniería civil (AENOR, 2023). España está adoptando activamente las normas ISO 19650, como lo demuestran las certificaciones obtenidas por las principales empresas de ingeniería españolas (International Organization for Standardization, 2018).

Las normas UNE desarrolladas por AENOR desempeñan un papel crucial en la promoción de la seguridad, la legalidad y las políticas BIM en el sector de la construcción en España (AENOR, 2023). El sistema de clasificación GuBIMclass se utiliza en las licitaciones públicas y refleja una estrategia integral de estandarización. En 2023, el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible y su sector público institucional invirtieron 1.972 millones de euros en proyectos que utilizaban BIM.

Aunque España ha logrado un progreso notable en la adopción de BIM dentro de ciertas entidades del sector público, la tasa de adopción general en la contratación pública sigue siendo relativamente baja, y la importante presencia de microempresas y PYMES presenta un desafío considerable para la implementación generalizada.

2.3.4 Plan BIM en Chile

El gobierno chileno produjo su estrategia BIM en 2016, delineando conjuntamente con las partes relevantes del sector privado y los organismos profesionales la base para una implementación más amplia de BIM en el mercado de la construcción. El acuerdo tiene como objetivo principal realizar esfuerzos conjuntos para aumentar la productividad del sector mediante la implementación de BIM. El gobierno chileno buscaría comenzar a exigir BIM totalmente colaborativo para todos los proyectos públicos. Se creó una institución independiente, BIM Forum Chile, para evaluar el sector y promover la educación de especialistas en el uso de toda la gama de posibilidades que BIM tiene para ofrecer. Planbim es un programa de 10 años (2016-2025) impulsado por Corfo en el marco del Programa Estratégico de Productividad y Construcción Sustentable: Construye 2025 (Corfo – Construye, 2023). Su objetivo principal es aumentar la productividad y la sostenibilidad de la industria de

la construcción mediante la incorporación de procesos, metodologías y tecnologías de información y comunicaciones que promuevan su modernización.

La estrategia nacional BIM de Chile demuestra un enfoque proactivo y colaborativo que involucra a los sectores público y privado, con un objetivo claro de mejorar la productividad y la sostenibilidad en la industria de la construcción mediante la adopción generalizada de BIM en proyectos públicos. Planbim publicó el estándar BIM para proyectos Públicos en 2019, desarrollado con la participación de 34 organizaciones privadas, públicas y académicas (Planbim, 2019). Planbim ha creado una plantilla de plan de ejecución BIM (BEP) como recurso gratuito para que los profesionales de la construcción la utilicen en los proyectos.

Chile, a través del Instituto Nacional de Normalización (INN), generó un Comité Espejo Nacional para las normas ISO relacionadas con BIM en 2018 para facilitar la adopción local y participar en el desarrollo de normas internacionales (Instituto Nacional de Normalización, 2022). El estándar BIM para proyectos públicos ha sido reconocido y adaptado por otros países latinoamericanos. Chile ha establecido un sólido marco de estándares BIM mediante el desarrollo de su propio estándar nacional para proyectos públicos, al tiempo que adopta y contribuye activamente a los estándares ISO BIM internacionales (International Organization for Standardization, 2018).

Planbim publicó en 2022 el primer informe del Observatorio BIM de licitaciones públicas, que incluye 1.990 licitaciones realizadas entre 2013 y 2020 por diferentes instituciones públicas. La Plataforma de Revisión Automatizada de Proyectos (PARPro) es una herramienta de verificación automática para modelos IFC, cuyo objetivo principal es reducir el tiempo que los equipos del Ministerio dedican a revisar los proyectos recibidos de los proveedores. CODELCO, el mayor productor mundial de cobre de mina, estableció el uso de la metodología BIM en todos sus proyectos a partir de 2020.

2.3.5 PLAN BIM en Singapur

Singapur es uno de los pioneros en la adopción de BIM, principalmente debido a la iniciativa de la Red de Construcción y Bienes Raíces (CORENET) y su influencia en la industria de la construcción regional (Building and Construction Authority, 2022; CORENET X, 2023). El sistema CORENET e-Submission convirtió a Singapur en uno de los primeros países del mundo en exigir la presentación electrónica de BIM para la aprobación regulatoria (Building and Construction Authority, 2022). CORENET tiene como objetivo reingenierizar los procesos de trabajo fragmentados en la industria de la construcción para lograr mejoras sustanciales (CORENET X, 2023). La BCA implementó la Hoja de Ruta BIM en 2010 con el objetivo de que el 80 por ciento de la industria de la construcción utilizara BIM para 2015 (Building and Construction Authority, 2022). Desde 2014, la Autoridad de Construcción y Edificación (BCA) ha exigido BIM para todos los proyectos del sector público y para los proyectos del sector privado de más de 5000 metros cuadrados (Building and Construction Authority, 2022). Para

2026, se espera que todas las nuevas obras de construcción requieran el uso de BIM para la aprobación regulatoria en línea con la implementación de CORENET X (CORENET X, 2023). El gobierno de Singapur tiene una política para liderar la implementación de BIM (Building and Construction Authority, 2022). El gobierno de Singapur ha asignado un fondo total de 250 millones de dólares singapurenses para la implementación exitosa de BIM (Building and Construction Authority, 2022). La adopción temprana y firme de BIM por parte del gobierno de Singapur, impulsada por un fuerte mandato gubernamental y una inversión financiera sustancial, lo ha posicionado como líder mundial en construcción digital, particularmente en el área de presentaciones electrónicas obligatorias de BIM para aprobaciones regulatorias (Kassem, M; Succar, B; Dawood, N, 2020).

Singapur es uno de los primeros países del mundo en exigir la presentación electrónica de BIM para la aprobación regulatoria a través del sistema CORENET e-Submission (Building and Construction Authority, 2022; CORENET X, 2023). La guía BIM de Singapur, es una guía de referencia que describe las funciones y responsabilidades de los miembros del proyecto cuando se utiliza el modelado de información para la construcción (BIM) en diferentes etapas de un proyecto (Building and Construction Authority, 2022). Se utiliza como guía de referencia para el desarrollo de un plan de ejecución BIM, que será acordado entre el Empleador y el proyecto (Building and Construction Authority, 2022). La guía esencial BIM para el plan de ejecución BIM (BEP) sirve para impulsar el desarrollo de un BEP para un proyecto (Building and Construction Authority, 2022). El BEP proporciona un documento de referencia, aprobado por el empleador, para guiar al equipo del proyecto en el logro de los objetivos establecidos con respecto a los entregables BIM a lo largo del proyecto (Building and Construction Authority, 2022). Singapur ha adoptado IFC como estándar para la implementación de BIM en la industria de la construcción local (International Organization for Standardization, 2022). El Código de Práctica para la Presentación Electrónica BIM proporciona requisitos y directrices detallados sobre la creación de modelos con tipos de objetos específicos, propiedades asociadas y formato de presentación para las presentaciones electrónicas BIM regulatorias (Building and Construction Authority, 2022). La guía técnica y cláusulas de ejemplo para la entrega de BIM proporciona directrices para la preparación y emisión de BIM en la licitación de construcción, junto con un conjunto de requisitos (Building and Construction Authority, 2022). Esto permite a los clientes incluir BIM como parte de los documentos del contrato (Building and Construction Authority, 2022). Singapur ha establecido un marco altamente detallado e integral para la implementación de BIM, con estándares y directrices específicos para presentaciones electrónicas, planificación de proyectos BIM y entrega de datos, respaldado por la adopción de estándares abiertos como IFC (Kassem, M; Succar, B; Dawood, N, 2020).

A pesar de la amplia conciencia de BIM, gran parte del trabajo real de ingeniería y detalle todavía se realiza utilizando dibujos CAD 2D (Eastman, Lee, & Fazio, 2011). Incluso después de que la presentación electrónica de BIM fuera obligatoria, los documentos de

diseño no están suficientemente coordinados entre los dibujos arquitectónicos, estructurales, mecánicos, eléctricos y de plomería (Kassem, M; Succar, B; Dawood, N, 2020). Los contratistas principales comentaron sobre la falta de modelos de calidad por parte de los consultores (Building and Construction Authority, 2022). Los equipos deben pasar del trabajo aislado a la entrega integrada de proyectos (Succar B., 2020). La falta de capacitación sigue siendo un desafío, lo que lleva a la subutilización o al uso incorrecto de las herramientas BIM (Eastman, Lee, & Fazio, 2011). Si bien Singapur cuenta con un fuerte mandato y un marco integral, persisten desafíos para garantizar una calidad constante y una colaboración eficaz en los proyectos BIM, lo que destaca la necesidad continua de capacitación y cambios culturales dentro de la industria (Kassem, M; Succar, B; Dawood, N, 2020).



Capítulo 3

Análisis comparativo del Plan BIM Perú

3.1 Estado actual de Perú

3.1.1 Políticas y estrategias existentes

En los últimos años, el Perú ha comenzado a consolidar un cambio importante en su forma de planificar, diseñar y ejecutar obras públicas mediante la incorporación del Building Information Modeling (BIM) como herramienta estratégica para mejorar la calidad del gasto público. Esta transformación no ha surgido de manera espontánea; ha sido impulsada por una serie de políticas y estrategias diseñadas para fomentar un cambio cultural técnico dentro del sector público (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

El plan BIM Perú, liderado por el ministerio de economía y finanzas (MEF) a través del programa nacional de infraestructura sostenible (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021), es la principal política pública que articula este proceso de modernización. Desde su lanzamiento, se ha planteado como una estrategia nacional para integrar BIM en el ciclo de inversión pública, promoviendo la eficiencia, transparencia y sostenibilidad de los proyectos. Uno de sus ejes centrales es generar condiciones institucionales, técnicas y humanas para la adopción progresiva del BIM en las entidades públicas, especialmente aquellas vinculadas a la ejecución de infraestructura (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

El enfoque del plan se alinea con el plan nacional de competitividad y productividad 2024-2030, según plan de implementación y hoja de ruta del plan BIM Perú en su objetivo 5.1 objetivos específicos por línea estratégica, establece la necesidad y prioridad de ejecución y realización de cada uno de los hitos del plan BIM Perú (Ministerio de Economía y Finanzas, 2024). Este marco se fuerza con la estrategia digital del estado peruano, que promueve la transformación digital en el aparato público para mejorar la prestación de servicios a los ciudadanos (Presidencia del Consejo de Ministros – Secretaría de Gobierno y Transformación Digital, 2021).

En términos prácticos, el plan BIM Perú plantea una adopción gradual dividida en fases. Inicialmente se ha enfocado en la implementación de proyectos piloto y el desarrollo de herramientas normativas como guías directivas y estándares de modelado. Asimismo, promueve la capacitación continua de funcionarios públicos y profesionales del sector construcción, incentivando una comunidad técnica que pueda sostener el cambio a largo plazo (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

Además, el país ha adoptado una visión colaborativa, participando en espacios internacionales como la red BIM de gobiernos de américa latina, lo que le permite intercambiar buenas prácticas y avanzar en la alineación de sus marcos con estándares internacionales como la serie ISO 19650 (Red BIM de Gobiernos de América Latina, 2025; International Organization for Standardization, 2018).

Sin embargo, pese a estos avances, el camino una adopción plena aún presenta retos. Entre ellos destacan la heterogeneidad en el nivel de conocimiento técnico de las entidades públicas, la limitada disponibilidad de personal capacitado y la necesidad de integrar el enfoque BIM con otros sistemas de gestión pública ya existentes, como el sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones (Invierte.pe) (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

3.1.2 Estándares nacionales

El avance del plan BIM Perú no solo se ha centrado en la creación de políticas, sino también en el desarrollo de un conjunto de guías, lineamientos y estándares técnicos que buscan establecer un lenguaje común entre los actores del sector construcción. Estas herramientas permiten reducir ambigüedades, mejorar la coordinación entre entidades y garantizar la calidad de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2021).

Uno de los instrumentos clave es la guía nacional BIM, la cual establece principios generales y lineamientos para la incorporación progresiva del modelado de información en proyectos de inversión pública. Esta guía ha sido formulada tomando como referencia buenas prácticas internacionales como la serie ISO 19650, adaptadas al contexto normativo e institucional peruano (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2021). Asimismo, ofrece criterios para identificar el nivel de madurez BIM requerido en cada fase del proyecto, y orienta a las entidades públicas en la definición de roles y responsabilidades.

Complementariamente, el plan BIM Perú ha publicado documentos técnicos como el glosario BIM, que estandariza los términos utilizados en el entorno digital del sector construcción (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2020), y las notas técnicas BIM, que explican conceptos clave vinculados a la implementación de BIM en el ciclo de inversión pública (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2022). Estas herramientas han sido integradas al marco del sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones (Invierte.pe), facilitando así la articulación técnica con los procesos estatales.

En términos de interoperabilidad, Perú ha expresado su interés en alinear sus especificaciones con estándares internacionales abiertos como el Industry Foundation Classes (IFC), que permite la integración de información a través de distintas plataformas digitales, y el COBie, el cual estandariza la transferencia de datos entre etapas del proyecto (buildingSMART International, 2023; National Institute of Building Sciences, 2023).

Además, se han impulsado acciones de capacitación y difusión, dirigidas tanto a entidades públicas como a profesionales del sector privado, con el objetivo de fortalecer capacidades técnicas y fomentar una cultura de innovación digital. No obstante, uno de los principales retos sigue siendo la necesidad de un marco normativo de cumplimiento obligatorio que garantice la aplicación sostenida de estos estándares, así como su

actualización continua frente a los avances tecnológicos (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2022).

3.1.3 Marco de trabajo y nivel adopción

El plan BIM Perú se inserta dentro de un marco estratégico liderado por el ministerio de economía y finanzas (MEF), a través de la dirección general de programación multianual de inversiones. Este plan tiene como objetivo impulsar una transformación digital del sector construcción, especialmente en el ámbito de las inversiones públicas, promoviendo la transparencia, eficiencia y calidad en la gestión de proyectos de infraestructura.

El marco de trabajo del plan BIM Perú se articula con el sistema Invierte.pe, lo que permite que su implementación no sea ajena a las políticas de programación multianual y evaluación de inversiones. En este contexto, el enfoque BIM se introduce de manera progresiva, según los niveles de madurez definidos en la guía nacional BIM y otras herramientas técnicas publicadas por el MEF (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2021). A la fecha, este marco se orienta a facilitar la transición desde procesos tradicionales hacia modelos digitales colaborativos.

En cuanto al nivel de adopción, si bien el plan BIM Perú ha logrado avances significativos en el desarrollo de guías, capacitaciones y pilotos, su implementación aún no es obligatoria en todo el aparato estatal, pero se está aplicando de forma progresiva. Las entidades públicas pueden adoptar BIM de acuerdo a su capacidad institucional y nivel de preparación (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2022). Esta decisión busca evitar una resistencia al cambio.

Algunos proyectos piloto, como los desarrollados por Provías Nacional y el Programa Nacional de Infraestructura Educativa (PRONIED), han servido como casos de prueba para validar el uso de BIM en distintas fases del ciclo de inversión, desde la formulación hasta la detección de interferencias, reducción de plazos y mayor trazabilidad en la documentación (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2022).

No obstante, la adopción a gran escala aún enfrenta desafíos estructurales. Teniendo punto crítico la escasa interoperabilidad entre plataformas tecnológicas y áreas de trabajo. Además, las diferencias entre regiones y niveles de gobierno reflejan una asimetría en la madurez digital que debe ser abordada con políticas más inclusivas y descentralizadas.

En resumen, Perú se encuentra en una fase de transición, con un marco de trabajo ya establecido, pero con un nivel de adopción que todavía requiere fortalecerse para logra una implementación sistemática y eficiente del BIM en el sector público.

Comparativa con los países las referencias internacionales

La adopción de la metodología BIM en proyectos públicos ha sido una prioridad para diversos países, cada uno adaptando su enfoque según sus necesidades y estructuras

gubernamentales. A continuación, se detalla el análisis de diferentes casos de estudio mencionados en los apéndices, para llegar a cabo el análisis de cada país conforme a los campos seleccionados previamente.

La tabla 3 presenta el estatus actual del plan BIM en los siguientes países: Perú, Reino Unido, Canadá, España, Chile y Singapur, los cuales fueron mencionados y analizados en capítulo 2, así como los campos de análisis los cuales son de gran impacto al realizar la implementación BIM.



Tabla 3

El estatus general del Plan BIM en los países y los respectivos campos a analizar

País	Perú	Reino Unido	Canadá	España	Chile	Singapur
Políticas gubernamentales y entidades impulsoras (PGEI)	Plan BIM impulsado por el Ministerio Economía Finanzas ¹	UK BIM Mandate liderado por el gobierno británico desde 2016 ²	Estrategia de BIM impulsada por buildingSMART desde Canadá ³	Estrategia BIM impulsada por MITMA ⁴	Planbim promovido por el Ministerio Hacienda ⁵	BIM e-submission implementado por la BCA desde 2010 ⁶
Estándares nacionales (EN)	Basado en ISO 19650 ¹	ISO 19650 y PAS 1192 ²	ISO 19650 y de buildingSMART ³	UNE-EN ISO 19650 ⁴	ISO 19650 y guías Planbim ⁵	Singapore BIM Guide ⁶
Marco de trabajo (Mt)	Basado en fases de ciclo de vida del proyecto ¹	UK BIM Framework ²	BIM Roadmap Nacional BIM ³	Manual España ⁴	BIM Estrategia Nacional BIM ⁵	CORENET X y Singapore BIM Roadmap ⁶
Estándares adoptados (EA)	ISO 19650, IFC ¹	PAS 1192, COBie, IFC ²	IFC, ISO 19650 ³	IFC, COBie ⁴	IFC, ISO 19650 ⁵	IFC, IDM, MVD ⁶
Marco teórico (MTe)	Colaboración digital, eficiencia en obra ¹	Digital Britain ²	Built Transformación digital sostenibilidad ³	Productividad y eficiencia en gestión pública ⁴	y Transparencia, control y mejora continua ⁵	Smart Nation y digital delivery ⁶

País	Perú	Reino Unido	Canadá	España	Chile	Singapur
Entidades responsables (ER)	BIM Forum Perú, MEF ¹	UK BIM Alliance, BSI ²	buildingSMART Canada ³	es.BIM, MITMA ⁴	Planbim Corfo ⁵	Chile, BCA, IMDA ⁶
Estado de mandato (EM)	Obligatorio ¹	Obligatorio para obras públicas desde 2016 ²	En desarrollo (no obligatorio) ³	Obligatorio para licitaciones públicas desde 2024 ⁴	Implementación progresiva obligatoria ⁵	Obligatorio en fases desde 2015 ⁶
Impacto en eficiencia y efectividad (IEE)	Reducción de y sobre costos y mayor trazabilidad ¹	Disminución de errores y eficiencia en diseño ²	Mejor control de calidad y gestión colaborativa ³	Mejora en plazos y costos en contratación pública ⁴	Optimización de diseño y reducción de conflictos ⁵	Entrega más rápida y confiable de proyectos ⁶
Nivel de madurez (NM)	Nivel 1 ¹	Nivel 2+ (avanzando hacia 3) ²	Nivel 2 ³	Nivel 2 (transición a 3) ⁴	Nivel 2 ⁵	Nivel 3 ⁶
Avances significativos (AS)	Implementación en obras públicas clave ¹	Desarrollo de Digital Twin Nation y Gemini Principles ²	Alianzas con instituciones y pilotos regionales ³	Plataforma colaborativa BIM y capacitación masiva ⁴	Guías BIM y plataforma de licitación digital ⁵	Mandato BIM digital nacional y automatización total ⁶

País	Perú	Reino Unido	Canadá	España	Chile	Singapur
Ventajas (Vt)	Transparencia, mejora en costos y tiempos ¹	Eficiencia, reducción de errores, colaboración ²	Diseño colaborativo, sostenibilidad ³	Estandarización, interoperabilidad ⁴	Gestión centralizada y participación pública ⁵	Optimización total del ciclo de vida del activo ⁶
Desventajas (Dv)	Baja capacitación y resistencia al cambio ¹	Altos costos de adopción inicial ²	Falta de personal capacitado ³	Desigualdad regional adopción ⁴	Falta de interoperabilidad en algunas fases ⁵	Alto nivel técnico requerido para cumplimiento ⁶
Nivel de obligación (NO)	Implementación progresiva obligatoria. ¹	Obligatorio para sector público ²	Voluntario inicialmente, con implementación progresiva obligatoria ³	Obligatorio desde 2024 ⁴	Obligatorio progresivo ⁵	Obligatorio ⁶

¹ BIM Forum Perú. (2023). Plan BIM Perú. <https://www.bimforum.org.pe/planbim>

² UK BIM Alliance. (2023). State of the Nation: BIM Report 2023. <https://www.ukbimalliance.org>

³ buildingSMART Canada. (2023). Canadian Roadmap to BIM Adoption. <https://www.buildingsmartcanada.ca>

⁴ Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2023). Estrategia BIM España. <https://www.esbim.es>

⁵ Planbim Chile. (2023). Estrategia Nacional BIM. <https://www.planbim.cl>

⁶ Building and Construction Authority (BCA). (2023). Singapore BIM Guide. <https://www1.bca.gov.sg>

El presente estudio se complementa con casos de implementación BIM añadidos en los apéndices A, B, C, D, E y F del documento. El análisis de los casos descrito en los siguientes apartados se enfoca en: políticas gubernamentales sustentada en la variable PGEI, estándares en las variables EA y EN, marcos de trabajo en la variable MTr, marco teórico en la variable MTe, impacto en eficiencia y efectividad en la variable IEE, avances significativos en la variable AS, ventajas y desventajas en las variables Vt y Dv, y por último nivel de madurez en NM.

Las variables ER, EM, NO son constantes según corresponde para cada país por lo que se tendrá en cuenta el impacto que generan para cada caso en su respectivo país, ya que cada país posee un status diferente para estas variables.

3.1.4 Similitudes y diferencias de: Políticas gubernamentales

En Perú, la implementación de BIM se ha orientado desde una política pública clara, con el liderazgo del ministerio de economía y finanzas (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021), mediante el plan BIM Perú. Esta iniciativa se enmarca dentro del programa nacional de infraestructura sostenible (PNIS), y tiene como objetivo principal modernizar el sector construcción y mejorar la calidad del gasto público. Además, el plan se articula con otros instrumentos nacionales como el plan nacional de competitividad y productividad (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

Uno de los aspectos más importantes es que el plan BIM Perú no solo plantea un marco técnico, sino también una transformación cultural en la administración pública. Esto se busca a través de capacitaciones, generación de contenido técnico y el impulso de pilotos estratégicos en sectores clave como salud, transporte y educación. La presencia del MEF como entidad articuladora otorga al proceso una legitimidad institucional fuerte, además de asegurar su integración con los sistemas de inversión pública existentes (Ministerio de Economía y Finanzas, 2024).

El enfoque colaborativo del plan también se ve reflejado en su participación en redes regionales como la red BIM de gobiernos de América Latina, lo que ha permitido que Perú intercambie experiencias con países más avanzados en la materia (Red BIM de Gobiernos de América Latina, 2025). Este ecosistema de colaboración fortalece la capacidad del país para ajustar y adaptar marcos técnicos y estrategias de implementación según estándares internacionales.

En Reino Unido ha sido pionero (UK Government, 2016; CIC, 2016) en la implementación de políticas públicas orientadas a la adopción del modelado de información para la construcción (BIM). En 2011, el gobierno británico estableció un mandato estratégico (Cabinet Office, 2011) que exigía el uso obligatorio de BIM Nivel 2 en todos los proyectos públicos a partir de 2016. Esta decisión fue promovida por el BIM Task Group, una entidad gubernamental creada con el propósito de guiar y estructurar la implementación nacional de

BIM. Su labor fue fundamental para sensibilizar a las organizaciones públicas y privadas sobre los beneficios de esta metodología digital.

Los proyectos Crossrail, Birmingham New Street y The Shard se anticiparon a este mandato, aplicando BIM desde sus fases iniciales (Crossrail Limited, 2018; Bailey, 2015). Estos casos sirvieron como modelos demostrativos para fortalecer la formulación de políticas. Además, la colaboración entre organismos públicos y empresas privadas ha sido clave (UK BIM Task Group, 2013) en esta etapa, permitiendo establecer lineamientos claros y consistentes que facilitaron una transición efectiva hacia entornos digitales colaborativos.

En particular, el caso de The Shard, aunque no financiado con fondos públicos (Construction Dive, 2016), demuestra cómo el sector privado adoptó voluntariamente las políticas del gobierno, evidenciando un cambio cultural profundo en la industria de la construcción británica.

En Canadá, el avance hacia la digitalización del sector construcción se ha dado de manera estratégica y progresiva. La implementación de BIM ha sido impulsada principalmente por organismos regionales y no por una política nacional obligatoria (buildingSMART Canadá, 2022). Organizaciones como buildingSMART Canada han liderado la promoción de prácticas digitales estandarizadas en la industria de la construcción, favoreciendo la colaboración y la adopción de tecnología (buildingSMART Canada, 2023). Esto ha generado un ecosistema descentralizado donde cada región, como Ontario, ha establecido sus propias políticas y marcos de acción para fomentar el uso de BIM (ConstructConnect, 2024).

Proyectos como el Eglinton crosstown LRT y la expansión del aeropuerto internacional de Vancouver reflejan cómo las autoridades regionales, como Metrolinx y Vancouver airport authority, han sido clave en la implementación del BIM (Metrolinx, 2022; Summit BIM, 2015). En estos casos, el impulso hacia la digitalización provino del deseo de mejorar la planificación, ejecución y mantenimiento de infraestructuras públicas de gran escala.

Este enfoque descentralizado ha permitido la creación de marcos específicos adaptados a las necesidades locales, aunque también ha generado diferencias en el nivel de madurez y estandarización. Las políticas adoptadas por agencias como Infrastructure Ontario y Calgary Municipal Land Corporation muestran el interés de integrar BIM como herramienta estratégica dentro de la planificación urbana y de servicios esenciales (Infrastructure Ontario, 2015; Ferguson Corporation, 2018).

España ha consolidado un marco institucional para la implementación de la metodología BIM a través del plan de incorporación de la metodología BIM en la contratación pública. Este plan fue desarrollado por la comisión interministerial BIM (CIBIM), constituida mediante el real decreto 1515/2018 (Comisión Interministerial BIM, 2023). Su propósito es fomentar la transformación digital del sector construcción, incrementar la transparencia y mejorar la eficiencia del gasto público. La CIBIM actúa como principal entidad impulsora a

nivel nacional, formulando políticas que promueven la adopción gradual de BIM en los procesos licitatorios.

En el ámbito autonómico, comunidades como Andalucía, Canarias y Baleares han seguido estas directrices nacionales, promoviendo el uso de BIM en proyectos estratégicos. Por ejemplo, el servicio Andaluz de salud (SAS) y el gobierno de Canarias han integrado la metodología en el diseño y gestión de infraestructuras hospitalarias y administrativas respectivamente (Fundación Laboral de la Construcción, 2023).

La estrategia nacional también ha contado con el apoyo de entidades como el instituto de tecnología de la construcción de Cataluña (ITeC), que ha desarrollado herramientas técnicas y guías para facilitar la implementación (buildingSMART Spain, 2025). Este enfoque multiescalar entre gobierno central, comunidades autónomas y organizaciones técnicas ha sido clave para avanzar hacia una adopción estructurada de BIM en España.

En Chile, las políticas gubernamentales relacionadas con la adopción de BIM están impulsadas principalmente por PlanBIM, una iniciativa de la corporación de fomento de la producción (CORFO) (Planbim Chile, 2023). Esta estrategia nacional busca transformar el sector público mediante la integración del modelado digital en proyectos de infraestructura. el ministerio de obras públicas (MOP) y el ministerio de vivienda y urbanismo (MINVU) también participan activamente en su implementación (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2024).

A través de esta colaboración interinstitucional, el gobierno chileno ha establecido metas claras en cuanto a la obligatoriedad del uso de BIM en proyectos estatales desde 2020. PlanBIM además trabaja con actores del sector privado, como la cámara chilena de la construcción y el BIM Forum Chile, fomentando una cultura digital y colaborativa en el rubro de la construcción (Banco Interamericano de Desarrollo, 2022).

Estas políticas no solo buscan la eficiencia técnica, sino también mejorar la sostenibilidad y trazabilidad de las obras públicas. Con un enfoque progresivo, Chile se posiciona como uno de los países líderes en Latinoamérica en la implementación de BIM a nivel estatal.

En Singapur, La implementación del BIM ha sido liderada firmemente por la building and construction authority (BCA), que desde 2010 impulsa una estrategia nacional de digitalización del sector construcción (Building and Construction Authority, 2021). Esta entidad desarrolló el plan maestro de productividad de la construcción y la estrategia integrated digital delivery (IDD), orientadas a aumentar la eficiencia y sostenibilidad (Building and Construction Authority, 2020). En proyectos como Jewel Changi airport, estas políticas facilitaron la integración temprana del BIM desde la fase de diseño, alineando el proyecto con los objetivos gubernamentales de transformación digital (Wong, Wong J, & Nadeem, 2020).

El respaldo gubernamental no solo implicó la creación de políticas, sino también la coordinación interinstitucional con desarrolladores privados como CapitaLand. Esta colaboración permitió establecer lineamientos normativos y técnicos adecuados al proyecto. La BCA, además, promovió el uso de BIM mediante incentivos y requisitos de aprobación, asegurando que el Jewel Changi se ajustara a las políticas de digitalización del entorno construido (Building and Construction Authority, 2021).

El contexto de Singapur demuestra cómo un entorno político proactivo puede acelerar la adopción tecnológica. Las políticas públicas han creado un ecosistema favorable donde el uso de BIM no es solo una herramienta técnica, sino una exigencia alineada con los planes estratégicos de innovación nacional. En ese sentido, Jewel Changi es un ejemplo de cómo el impulso estatal bien articulado puede transformar la industria (Wong, Wong J, & Nadeem, 2020).

Las tablas 4 y 5 presentan los puntos más relevantes encontrados entre los casos analizados, desarrollados en los apéndices A, B, C, D, E y F. La tabla 4 recoge las principales similitudes, mientras que la tabla 5 resume las diferencias más significativas entre las políticas gubernamentales de cada país respecto a la implementación de BIM. Ambos cuadros sirven como base para la propuesta de estrategias que promuevan una adopción efectiva en el Perú.

Tabla 4

Similitudes políticas gubernamentales

Similitudes	Países involucrados	Detalles
Compromiso estatal con la digitalización	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur	Todos los países cuentan con políticas públicas para modernizar el sector construcción mediante BIM.
Participación de múltiples sectores	Perú, Chile, España, Singapur	Involucran actores públicos, privados y académicos en la implementación.
Foco en eficiencia y transparencia	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur	BIM se impulsa como herramienta para optimizar la inversión pública y reducir errores.
Uso de BIM en proyectos piloto o estratégicos	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur	Se ha aplicado BIM en megaproyectos nacionales como modelo para políticas.

Similitudes	Países involucrados	Detalles
Colaboración institucional	Perú, España, Singapur	Canadá, Las entidades gubernamentales trabajan con universidades o empresas para reforzar la adopción.
Capacitación como pilar de implementación	Perú, Chile, Singapur, Canadá	Se proponen o implementan programas de formación técnica en BIM.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

Tabla 5

Diferencias políticas gubernamentales

Diferencia	Países involucrados	Detalles
Nivel de obligatoriedad	Obligatorio: Reino Unido, Chile, Singapur, Perú (obligatorio progresivo); no obligatorio: Canadá, España (parcial)	Reino Unido exige BIM nivel 2 desde 2016. Chile lo aplica en obras públicas desde 2020. Perú tiene mandato progresivo obligatorio.
Estrategia centralizada vs. descentralizada	Centralizada: Reino Unido, Singapur, Chile; descentralizada: Canadá, España (por comunidades autónomas), Perú (en etapa inicial)	Canadá delega a regiones; España coordina con comunidades autónomas. Perú avanza con casos aislados por entidad.
Grado de madurez digital	Alto: Reino Unido, Singapur; medio: Chile, España; bajo: Perú, Canadá (desigual)	Singapur destaca por integración completa y digitalización total. Perú aún está en fase de pilotos.
Marco normativo consolidado	Consolidado: Reino Unido, España, Singapur; en desarrollo: Perú, Canadá, Chile	Reino Unido tiene calendario y normativa clara. Perú apenas define lineamientos técnicos.
Existencia de biblioteca BIM y CDE nacional	Sí: Singapur, Reino Unido, Chile; no: Perú, Canadá, parcial en España	Perú no cuenta con una base de objetos ni entorno común interoperable.

Diferencia	Países involucrados	Detalles
Alcance territorial de las políticas	Nacional: Reino Unido, Singapur, Perú; regional/parcial: Chile, Perú; Canadá, España	Perú presenta concentración en Lima; otras regiones están rezagadas.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

La Tabla 6 muestra, en dos columnas, las tres líneas de acción propuestas para consolidar el BIM en la infraestructura pública peruana, tomando como referencia los casos analizados y mostrando en el apéndice. La primera columna presenta cada línea de acción: mandato escalonado y creíble, ecosistema de competencia y apoyo y territorializar el BIM y la segunda columna explica, en una frase, el objetivo de cada una: fijar plazos obligatorios, fortalecer capacidades con certificación e incentivos, y llevar capacitación y soporte a todas las regiones. Así, la tabla condensa de forma clara y comparativa los pasos estratégicos derivados del análisis de casos internacionales incluido en el apéndice.

Tabla 6

Políticas gubernamentales

Línea de acción	Descripción
Mandato escalonado y creíble	Hitos anuales que indiquen qué proyectos usan BIM y con qué alcance, dando certeza a todos los actores.
Ecosistema de competencia y apoyo	Certificación profesional, incentivos fiscales y biblioteca nacional con CDE interoperable para fortalecer capacidades.
Territorializar el BIM	Alfabetización digital y soporte técnico en regiones mediante alianzas con gobiernos locales y universidades.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

Las ideas que siguen no nacen en el vacío: se forjaron al comparar, uno a uno, los casos de Reino Unido, Canadá, España, Chile, Singapur y Perú que detallamos en el apéndice. El patrón es claro: cuando la voluntad política se combina con reglas obligatorias y capacitación suficiente, el BIM deja de ser un piloto aislado y se vuelve la forma natural de construir la obra pública.

Mandato escalonado y creíble: Inspirados en el calendario británico, proponemos que Perú fije hitos anuales tipo de proyecto y alcance BIM para que el mercado se prepare sin sorpresas. Cada meta cumplida refuerza la siguiente y consolida la idea de que la digitalización ya no es opcional.

Ecosistema de competencia y apoyo: Singapur demuestra que el talento marca la diferencia. Un programa de certificación profesional, incentivos fiscales para empresas que capaciten a su personal y una biblioteca nacional de objetos BIM alojada en un CDE interoperable convertirían el aprendizaje en política pública, no en un esfuerzo individual.

Territorializar el BIM: La gobernanza descentralizada canadiense revela polos de excelencia, pero también vacíos de madurez. Para que el BIM no quede confinado a Lima, se necesita un plan de alfabetización digital con gobiernos regionales y universidades, siguiendo el trabajo multiescalar que España y Chile aplicaron con sus comunidades autónomas.

Con estas tres palancas mandato progresivo, capacidades fortalecidas y cobertura nacional el plan BIM Perú puede pasar de promesa a práctica diaria, elevando la eficiencia, la transparencia y la competitividad de la infraestructura pública. Esa es la lección que nos dejan los casos comparados: no se trata de reinventar la rueda, sino de ensamblar bien las piezas que ya tenemos sobre la mesa.

3.1.5 Similitudes y diferencias de: Estándares

La implementación de estándares BIM es fundamental para garantizar la interoperabilidad, eficiencia y calidad en los proyectos de construcción. Cada país ha desarrollado o adoptado estándares específicos que reflejan sus necesidades y contextos particulares. A continuación, se detallan los estándares BIM implementados en cada país:

Perú ha trabajado en la creación de una base normativa nacional para BIM. La guía nacional BIM establece lineamientos y niveles de madurez para cada fase del ciclo de inversión, tomando como referencia la norma internacional ISO 19650 (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021; ISO, 2018), pero adaptándola al contexto institucional y normativo peruano. Esta guía, junto con otros instrumentos como el glosario BIM y las notas técnicas BIM, conforma el cuerpo técnico que guía a las entidades públicas y profesionales en la correcta implementación del BIM.

En términos de interoperabilidad, el país ha manifestado su interés en alinearse con estándares abiertos como IFC (Industry Foundation Classes) y COBie (Construction-Operations Building Information Exchange) (buildingSMART International, 2024; National Institute of Building Sciences, 2025). Estos estándares permiten una mayor integración y transferencia de información entre plataformas tecnológicas durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Pese a estos avances, existe una brecha importante en cuanto a la aplicación homogénea de estos estándares a nivel nacional. Muchas entidades públicas aún no cuentan con las capacidades técnicas ni los recursos necesarios para incorporar estos lineamientos de

forma eficiente. Es por ello que el MEF continúa promoviendo talleres, capacitaciones y acompañamiento técnico para nivelar el conocimiento entre las regiones y los distintos niveles de gobierno (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

Reino Unido ha desarrollado una estructura normativa sólida para estandarizar la implementación de BIM. Uno de los principales referentes es el estándar BS 1192 (BSI., 2007), que establece procedimientos para la producción colaborativa de información. Complementariamente, se adoptaron estándares como PAS 1192-2 (British Standards Institution, 2013), enfocados en la gestión de información durante la fase de entrega del proyecto. Estos estándares facilitaron la integración eficiente de equipos multidisciplinarios mediante procesos estructurados y lenguaje común.

La evolución normativa ha estado alineada con los objetivos del UK BIM Framework (UK BIM Framework, 2024), el cual fue adoptado para consolidar la transición hacia estándares internacionales como la serie ISO 19650 (British Standards Institution, 2018). Esta estandarización ha permitido una gestión más precisa de datos y una interoperabilidad efectiva entre herramientas digitales.

En todos los casos analizados, se implementó un entorno común de datos (CDE) (British Standards Institution, 2018) como base para la colaboración, la trazabilidad y el almacenamiento seguro de la información, elemento esencial para garantizar la coherencia documental y operativa a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Aunque Canadá no cuenta con un estándar BIM nacional obligatorio, diversas regiones han adoptado normas específicas inspiradas en buenas prácticas internacionales. La norma ISO 19650 (International Organization for Standardization, 2018) es uno de los referentes principales, junto con el uso de formatos abiertos como IFC (Industry Foundation Classes) (buildingSMART International, 2024), que permiten la interoperabilidad entre distintas plataformas digitales.

Organismos como CSA Group (CSA Group, 2022) han publicado guías para la transformación digital del sector de la construcción, que ofrecen lineamientos para la integración de modelos BIM con sistemas GIS, gestión documental, y control del ciclo de vida del activo. Estas guías han sido aplicadas en proyectos como el St. Michael's Hospital (Infrastructure Ontario, 2015) y la New Central Library de Calgary (Ferguson Corporation, 2018).

Los estándares desarrollados por instituciones como Infrastructure Ontario y Vancouver airport authority (Summit BIM, 2015) incluyen plantillas de ejecución BIM (BEP), nomenclaturas estandarizadas, y procedimientos de entrega digital. Esto garantiza uniformidad y eficiencia en la gestión de datos, tanto durante el diseño como en las etapas operativas del activo.

España ha adoptado los estándares internacionales ISO 19650 para la gestión de la información en proyectos de construcción, traducidos como normas UNE-EN ISO 19650-1 y 19650-2 (AENOR, 2023; British Standards Institution, 2018). Estos estándares proporcionan directrices claras sobre cómo estructurar y coordinar la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto. También incluyen herramientas como el entorno común de datos (CDE), nomenclaturas, niveles de desarrollo (LOD) y protocolos de colaboración.

Además, se han desarrollado guías nacionales específicas como la guía para la contratación pública con requisitos BIM y la guía para la estandarización de requisitos de información BIM, ambas promovidas por la CIBIM (Comisión Interministerial BIM, 2023). Estas buscan establecer un lenguaje común entre las administraciones y actores del sector construcción.

En casos como la red hospitalaria del SAS y el puerto de Málaga, se ha evidenciado la adopción de estos estándares, incluso en fases de planificación y operación (Guerrero, Pérez, & Rodríguez, 2022; Cano, González, & Rubio, 2021). El uso de formatos abiertos como IFC y COBie garantiza la interoperabilidad entre plataformas digitales, mejorando la trazabilidad y eficiencia de los procesos (buildingSMART International, 2023; National Institute of Building Sciences, 2025).

Chile ha adoptado la norma ISO 19650 como base para estructurar sus estándares nacionales. A partir de ella, Planbim ha desarrollado el estándar BIM para proyectos públicos, el cual define los niveles de desarrollo (LOD), nomenclatura, estructura de archivos, formatos como IFC y responsabilidades de los equipos de trabajo (Planbim, 2019).

Este estándar ha sido aplicado exitosamente en proyectos emblemáticos como el estadio nacional, la línea 7 del metro de Santiago y el hospital Sótero del Río, lo que demuestra su utilidad práctica y capacidad para adaptarse a diferentes tipos de infraestructura (Centro de Hormigón UC, 2024).

La estandarización ha permitido una interoperabilidad fluida entre disciplinas, reduciendo errores en obra y facilitando auditorías. Esto ha generado una mayor confianza entre los agentes públicos y privados, consolidando la metodología BIM en el país (Banco Interamericano de Desarrollo, 2022).

Singapur cuenta con una serie de documentos normativos claves como la Singapore BIM guide y los model content requirements, ambos creados por la BCA (Building and Construction Authority (BCA), 2023). Estos estándares establecen las convenciones de nomenclatura, niveles de detalle y estructura de datos requeridos, permitiendo una colaboración efectiva entre disciplinas. En Jewel Changi airport, se aplicaron estos lineamientos desde el inicio, facilitando una coordinación interdisciplinaria basada en modelos interoperables (Wong, Wong J, & Nadeem, 2020).

La adopción de formatos abiertos como IFC (Industry Foundation Classes) permitió la interoperabilidad entre softwares como Revit, Navisworks y Tekla. Esta interoperabilidad fue vital para gestionar una estructura tan compleja como la cúpula del Jewel, permitiendo integrar arquitectura, ingeniería estructural y MEP en un entorno (Building and Construction Authority, 2022).

Además de los estándares nacionales, el proyecto incorporó un plan de ejecución BIM (BEP) que detallaba los roles, flujos de trabajo y entregables. La existencia de este plan permitió a todos los involucrados trabajar bajo un marco común, con procesos bien definidos para la gestión de información, coordinación de modelos y control de calidad digital (Building and Construction Authority, 2021).

Las tablas 7 y 8 presentan los puntos más relevantes encontrados entre los casos analizados, desarrollados en los apéndices A, B, C, D, E y F. La tabla 7 recoge las principales similitudes, mientras que la tabla 8 resume las diferencias más significativas entre los estándares de cada país respecto a la implementación de BIM. Ambos cuadros sirven como base para la propuesta de estrategias que promuevan una adopción efectiva en el Perú.

Tabla 7

Similitudes de estándares

Similitudes	Países involucrados	Descripción
Uso de la ISO 19650 como base	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur, Canadá	Todos utilizan esta norma como referencia central para la gestión de información en BIM.
Enfoque en interoperabilidad (uso de IFC/COBie)	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur, Canadá	Aplican estándares abiertos para asegurar compatibilidad entre plataformas.
Incorporación del Entorno Común de Datos (CDE)	Reino Unido, España, Chile, Singapur, Perú (incipiente)	Se promueve un entorno colaborativo digital que centraliza la información del proyecto.
Creación de guías o manuales propios	Perú, España, Singapur, Chile, Canadá	Se desarrollan documentos técnicos locales adaptados a su contexto normativo y operativo.
Aplicación de estándares en	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur, Canadá	Cada país aplica y prueba sus normas en proyectos estratégicos para validar su efectividad.

Similitudes	Países involucrados	Descripción
proyectos piloto emblemáticos		

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

Tabla 8

Diferencias de estándares

Diferencia	Países involucrados	Descripción
Obligatoriedad del estándar BIM	Obligatorio: Reino Unido, Singapur, Chile, Perú (progresivo); no obligatorio: Canadá, España (parcial)	Algunos países han legislado su uso, otros aún lo promueven voluntariamente.
Nivel de consolidación del marco normativo	Alto: Reino Unido, Singapur, España; medio: Chile; bajo: Perú, Canadá	Varía según existencia de guías operativas, normativa clara y obligatoriedad.
Profundidad técnica del estándar local	Detallado (con LOD, BEP, nomenclaturas): Chile, Singapur, España; en desarrollo: Perú, Canadá	Algunos países tienen documentos técnicos avanzados, otros aún los están formulando.
Apoyo técnico e institucional	Fuerte: Reino Unido, Singapur, Chile; medio: España, Perú; bajo: Canadá	Diferencias en la institucionalidad detrás de la implementación y capacitación.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

La tabla 9 compara en tres columnas, los estándares BIM y guías clave adoptados por Reino Unido, España, Chile, Singapur, Canadá y Perú, comparados tomando como referencia los casos analizados y mostrando en el apéndice. Para cada país se reseña el marco normativo principal (p. ej., UK BIM Framework, UNE ISO 19650, Estándar BIM chileno) y se extrae una lección para Perú: por qué ese enfoque funciona o qué riesgo muestra. Así, la tabla permite ver de un vistazo qué modelos son obligatorios, cuáles se apoyan en guías locales y dónde la ausencia de una norma unificada como en Canadá genera brechas de madurez.

Tabla 9*Estándares*

Países	Estándares	Lección para Perú
Reino Unido	BS/PAS 1192 → <i>UK BIM Framework</i> (ISO 19650) + CDE obligatorio	Un marco coherente y obligatorio genera confianza y adopción masiva.
España	ISO 19650 traducida a UNE + guías nacionales de contratación BIM	Guías locales detalladas convierten la norma global en práctica diaria.
Chile	Estándar BIM para proyectos públicos alineado a ISO 19650	Adaptación nacional con LOD y nomenclaturas asegura interoperabilidad.
Singapur	Singapore BIM guide + BIM e-Submission (ISO 19650)	Mandato firme y certificación profesional impulsan la capacitación.
Canadá	Uso regional de ISO 19650, IFC y COBie sin norma unificada	Flexibilidad excesiva crea polos de excelencia y vacíos de madurez.
Perú	Guía nacional BIM, glosario y notas técnicas (ISO 19650 adaptada)	Requiere aplicación homogénea y guía operativa con LOD y formatos abiertos.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

Estudiar cómo Reino Unido, Canadá, España, Chile, Singapur y Perú gestionan sus estándares BIM ha dejado una lección sencilla: los proyectos sólo hablan el mismo idioma cuando comparten reglas claras. En Perú ya contamos con la guía nacional BIM, el glosario y las notas técnicas que adaptan la ISO 19650 a nuestra realidad, pero su aplicación todavía es dispar en ministerios y regiones.

El Reino Unido nos recuerda que un armazón normativo coherente primero la familia BS/PAS 1192 y hoy el UK BIM Framework ofrece continuidad y confianza al mercado. España, Chile y Singapur refuerzan la idea: traducir la ISO 19650 a guías locales con niveles de desarrollo, nomenclaturas y un entorno común de datos obligatorio es lo que convierte la teoría en práctica. Canadá, con su gobierno descentralizado, revela el riesgo opuesto: sin un estándar nacional, florecen polos de excelencia, pero también vacíos de madurez.

La ruta para Perú emerge con nitidez del comparativo: consolidar la ISO 19650 como paraguas único y completarla con una guía operativa que detalle LOD, convenciones de archivo y el uso mandatorio de formatos abiertos como IFC y COBie. No necesitamos más documentos: necesitamos que los que ya existen se apliquen en todo el país. Para lograrlo hace falta un programa de capacitación certificada y un acompañamiento técnico que nivele a municipios, regiones y ministerios.

Cuando la norma es clara, abierta y bien enseñada, la interoperabilidad, la eficiencia y la transparencia beneficios que ya vemos en los casos del apéndice dejan de ser promesas y se convierten en el nuevo estándar de la infraestructura pública peruana.

3.1.6 Similitudes y diferencias de: Marcos de trabajo

La implementación efectiva de la metodología BIM en proyectos de construcción requiere marcos de trabajo bien definidos que guíen su adopción y aplicación. Cada país ha desarrollado enfoques específicos para integrar BIM en sus procesos, considerando sus contextos y necesidades particulares.

En Perú, el plan BIM cuenta con un marco de trabajo progresivo y no obligatorio. Esto significa que su adopción se plantea en fases y depende de la madurez institucional de cada entidad. Actualmente, el uso de BIM en proyectos de inversión pública no es obligatorio, pero sí se incentiva activamente a través de pilotos, guías y acompañamiento técnico. Esta estrategia busca evitar una implementación forzada y generar sostenibilidad en el tiempo (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021; Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2022).

El estado de mandato puede considerarse como voluntario con fuerte promoción institucional. Entidades como Provías Nacional y el PRONIED ya han aplicado BIM en proyectos piloto, demostrando mejoras en la eficiencia, reducción de errores, mejor control documental y trazabilidad. Estos casos han servido como evidencia empírica del potencial de BIM y como insumos para refinar el marco de implementación nacional (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2022).

Finalmente, el marco de trabajo del plan BIM Perú se encuentra alineado con Invierte.pe, lo cual permite articular el modelado de información con las fases del ciclo de inversión estatal. Este vínculo es fundamental para asegurar que la digitalización no se quede en iniciativas aisladas, sino que se integre de forma orgánica con la planificación y ejecución del gasto público en infraestructura (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

En Reino Unido, el marco de trabajo para la implementación de BIM se basa en una visión colaborativa centrada en el ciclo de vida de los activos. A través del uso de gemelos digitales y la integración de modelos 3D, 4D y 5D, se han optimizado los procesos de planificación, ejecución y operación de proyectos complejos como Crossrail y The Shard (Crossrail Limited, 2018; Bailey, 2015). Estos entornos colaborativos favorecen la detección temprana de conflictos, la reducción de errores y la toma de decisiones informadas.

La obligatoriedad del uso de BIM nivel 2 desde 2016 (UK Government, 2016) ha sido un catalizador para su adopción generalizada. Esta exigencia aplica a todos los proyectos con financiamiento público y ha influenciado también a iniciativas privadas que reconocen el valor agregado del uso de metodologías digitales estructuradas (UK BIM Task Group, 2013; Construction Dive, 2016).

El nivel de obligación establecido ha generado una cultura organizacional que valora la trazabilidad, la transparencia y la interoperabilidad. Esto ha contribuido a una madurez progresiva en la gestión de datos y procesos constructivos, posicionando al Reino Unido como referente internacional en implementación de BIM.

En Canadá, el marco de trabajo BIM se caracteriza por un enfoque colaborativo basado en modelos federados, entornos comunes de datos (CDE) y protocolos de coordinación digital (buildingSMART Canadá, 2022). Cada proyecto establece su estructura particular, pero sigue principios comunes de centralización de la información y gestión del ciclo de vida del activo.

En el caso del proyecto The Bow en Calgary, se aplicó un marco colaborativo que permitió integrar modelos estructurales, arquitectónicos y MEP dentro de un entorno digital único (Cassandro, Mirarchi, Gholamzadehmir, & Pavan, 2024). Esto facilitó la planificación en tiempo real, la simulación de procesos constructivos (4D) y la gestión de costos (5D), permitiendo una ejecución más eficiente.

Este tipo de marcos no solo promueven la eficiencia técnica, sino también la sostenibilidad, ya que permiten planificar el mantenimiento desde etapas tempranas. Además, su integración con modelos energéticos o simulaciones ambientales refuerza la toma de decisiones basada en datos desde una perspectiva holística.

En España, el marco de trabajo aplicado promueve un enfoque colaborativo basado en el entorno común de datos (CDE), roles definidos (como BIM manager y coordinador BIM), y flujos de trabajo estructurados. Este sistema ha sido probado exitosamente en proyectos como el hospital de Palma de Mallorca y el edificio del gobierno de Canarias (Observatorio Inmobiliario, 2025; Guerrero, Pérez, & Rodríguez, 2022), donde se aplicaron procesos de modelado, revisión y coordinación integrados.

En cuanto al nivel de obligación, desde abril de 2024, el uso de BIM es obligatorio en España para contratos públicos con un valor superior a 5.382.000 euros (Fundación Laboral de la Construcción, 2023; Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023). Este mandato forma parte de la hoja de ruta establecida en el Plan BIM para contratación pública, que busca ampliar gradualmente la obligatoriedad a más contratos y fases del proyecto.

Aunque en muchas regiones la adopción sigue siendo progresiva, cada vez más administraciones incorporan BIM como criterio técnico en licitaciones. Este avance ha llevado a clasificar proyectos como el museo de las colecciones reales y el puerto de Málaga (Mansilla

+ Tuñón Arquitectos, 2015; Guerrero, Pérez, & Rodríguez, 2022) en un nivel de madurez BIM 2, lo que refleja una aplicación estandarizada y colaborativa del sistema.

En Chile, el marco de trabajo se sustenta en el plan de ejecución BIM (PEB), que organiza el uso de la metodología desde las fases de diseño hasta la operación. Este plan define objetivos, roles, flujos de trabajo y entregables, y se integra con herramientas como entornos comunes de datos (CDE).

Proyectos como el puente Chacao y el hospital Sótero del Río han utilizado modelos 3D, planificación 4D y control de costos 5D, demostrando la madurez de los marcos implementados. Por otro lado, se fomenta el uso de plataformas colaborativas que centralicen la información y faciliten la trazabilidad en tiempo real.

El enfoque colaborativo y digital propuesto por el marco BIM ha transformado significativamente la forma en que se planifican, diseña y ejecutan proyectos públicos, permitiendo una gestión más ágil, eficiente y transparente (Planbim, 2019; Banco Interamericano de Desarrollo, 2022; Centro de Hormigón UC, 2024).

En Singapur, el marco de trabajo de BIM en Jewel Changi se organizó bajo un entorno común de datos (CDE), facilitando la colaboración entre arquitectos, ingenieros y contratistas. Este enfoque fomentó la toma de decisiones informadas, la trazabilidad de versiones del modelo y la reducción de errores en diseño y ejecución. Así, se implementó un proceso BIM colaborativo basado en metodologías tipo integrated project delivery (IPD) (Building and Construction Authority, 2020).

En términos regulatorios, Singapur estableció desde 2015 un mandato obligatorio para el uso de BIM en proyectos públicos con más de 5,000 m² (Building and Construction Authority, 2021). Aunque Jewel Changi es un desarrollo privado, su cumplimiento con los estándares públicos muestra cómo las políticas nacionales han permeado en el sector privado, incentivando su alineación con la estrategia digital del país.

El nivel de obligación para el uso de BIM en Singapur es progresivo pero firme. La BCA ha definido metas claras para aumentar la adopción en toda la industria, promoviendo el uso del BIM no solo como una exigencia técnica, sino como parte de una política nacional de innovación y competitividad. Este enfoque ha consolidado a Singapur como referente mundial en implementación de BIM (Building and Construction Authority (BCA), 2023).

Las tablas 10 y 11 presentan los puntos más relevantes encontrados entre los casos analizados, desarrollados en los apéndices A, B, C, D, E y F. La tabla 10 recoge las principales similitudes, mientras que la tabla 11 resume las diferencias más significativas entre los marcos de trabajo de cada país respecto a la implementación de BIM. Ambos cuadros sirven como base para la propuesta de estrategias que promuevan una adopción efectiva en el Perú.

Tabla 10*Similitudes de marcos de trabajo*

Similitudes	Países involucrados	Descripción
Enfoque colaborativo	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur, Canadá	Uso de CDE, roles definidos (<i>BIM manager</i> , <i>Coordinador BIM</i>) y modelos federados para coordinación multidisciplinaria.
Aplicación en proyectos piloto o estratégicos	Perú, Reino Unido, Chile, Singapur, Canadá, España	Se prueba BIM en obras representativas antes de generalizar su uso.
Alineación con normas técnicas	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur, Canadá	Adaptan o aplican ISO 19650, y la integran a sus marcos institucionales.
Uso de niveles de detalle (3D)	Perú, Reino Unido, Chile, Canadá, Singapur, España	Mantenimiento al modelado digital.
Soporte institucional o técnico	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur, Canadá	Cuentan con entidades técnicas o ministerios que impulsan y acompañan la adopción.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

Tabla 11*Diferencias de marcos de trabajo*

Diferencia	Países involucrados	Descripción
Uso de niveles de detalle (4D, 5D)	Reino Unido, Chile, Canadá, Singapur, España	Incorporan planificación, costos.
Mandato por tipo de proyecto	España (por monto), Singapur (por área)	En España, contratos mayores a 5.38M€ exigen BIM; en Singapur, obras >5,000 m ² . Perú aún no tiene esta segmentación.
Presencia de autoridades técnicas específicas	Reino Unido (<i>BIM Task Group</i>), Singapur (BCA), Chile (PlanBIM)	Perú aún no cuenta con una autoridad técnica centralizada y con funciones operativas.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

La tabla 12 compara los marcos de trabajo BIM de Perú, Reino Unido, Singapur, España y Chile (agrupados) y Canadá. En la segunda columna se sintetizan los rasgos distintivos de cada país grupo (por ejemplo, mandato obligatorio británico, guía nacional singapurense, implementación progresiva hispano-chilena o enfoque descentralizado canadiense). La tercera columna traduce cada experiencia en una “lección para Perú”, señalando qué factor acelera la adopción (calendario obligatorio, incentivos, guías locales) o qué riesgo conviene evitar (brechas regionales).

Tabla 12

Marcos de trabajo

País	Características del marco de trabajo	Lección para Perú
Perú	Plan BIM: adopción voluntaria y progresiva; pilotos (Provías, PRONIED); alineado a Invierte.pe; apoyo del MEF.	Mostrar beneficios con pilotos es útil, pero falta obligatoriedad para lograr cobertura total.
Reino Unido	Mandato BIM nivel 2 desde 2016; autoridad técnica; CDE obligatorio; guías detalladas.	Un calendario obligatorio acelera la curva de aprendizaje y estandariza procesos.
Singapur	Mandato firme + incentivos; Singapore BIM guide; aprobación digital vía e-Submission; certificación profesional.	Mandato acompañado de incentivos y soporte técnico asegura adopción masiva.
España y Chile	Implantación progresiva; roles definidos y CDE; guías nacionales que adaptan ISO 19650; obligatoriedad por fases.	Modelo escalonado con guías locales detalla cómo aplicar la norma internacional.
Canadá	Enfoque descentralizado; marcos regionales y sectoriales; uso de CDE y modelos federados; sin norma nacional.	Flexibilidad genera polos de excelencia, pero también brechas entre regiones.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

Cuando se analizan los casos reunidos en el apéndice desde la punta de acero del Shard londinense hasta la cúpula de vidrio del Jewel Changi se descubre un patrón sencillo: el BIM converge allí donde la obligación se mezcla con el acompañamiento y la colaboración.

En el Perú, el plan BIM está dando sus primeros frutos. Provías Nacional y PRONIED ya prueban que un modelo 3D bien gestionado reduce errores y mejora la trazabilidad, pero la adopción sigue siendo desigual. El Reino Unido demuestra que un calendario obligatorio BIM

nivel 2 desde 2016 puede acelerar la curva de aprendizaje cuando viene de la mano de una autoridad técnica y guías precisas. Singapur refuerza la idea: un mandato firme, acompañado de estándares detallados y un sistema de incentivos, convierte la digitalización en norma y no en excepción.

España y Chile se mueven con paso intermedio: implantación progresiva, roles claros y un entorno común de datos que da identidad a cada proyecto. Canadá, en cambio, nos advierte de los riesgos de la descentralización: las regiones pioneras brillan, pero otras avanzan a un ritmo distinto.

¿Qué lecciones emergen para el Perú? Tres, tan concretas como los planos que queremos dejar atrás. Primero, pasar de la recomendación a un mandato escalonado: fijar qué tipo de obra y desde cuándo debe modelarse en BIM, dando certidumbre a entidades y proveedores. Segundo, construir un verdadero ecosistema de apoyo: biblioteca nacional de objetos BIM, CDE interoperable y certificación profesional que garantice competencias estandarizadas, siguiendo el ejemplo singapurense. Tercero, llevar el BIM más allá de Lima: un plan de alfabetización digital con gobiernos regionales y universidades que cierre la brecha territorial que hoy limita la modernización.

Al aplicar estas tres palancas mandato progresivo, soporte robusto y cobertura nacional el plan BIM Perú puede evolucionar de piloto a práctica habitual, replicando en nuestras carreteras y hospitales los beneficios de eficiencia y transparencia que otros países ya disfrutaban. Así, la digitalización dejará de ser un proyecto prometedor y se convertirá en el nuevo estándar de la infraestructura pública peruana.

3.1.7 Similitudes y diferencias de: Marco teórico

En el presente capítulo se presentarán el análisis de casos analizados referentes al estatus de BIM, esto con el fin de consolidar un lineamiento sólido para la aplicación efectiva durante la implementación BIM, y poder identificar las brechas y desafíos a afrontar para lograr este objetivo, estos casos están presentes en el apéndice del documento.

En Perú, la implementación de la metodología BIM se viene consolidando como una estrategia clave para transformar la forma en que se planifican y ejecutan los proyectos de infraestructura pública. Esta transformación se basa en un enfoque digital que busca integrar la información a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. El ministerio de economía y finanzas (MEF), a través del plan BIM Perú, ha liderado este cambio promoviendo una gestión colaborativa, eficiente y transparente (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021). La base teórica de esta estrategia toma como punto de partida la serie de normas ISO 19650, que establecen lineamientos para la gestión de la información en entornos digitales. Estas normas han sido adaptadas al contexto normativo nacional mediante documentos técnicos como la guía nacional BIM, lo que permite a las instituciones públicas avanzar según su nivel de madurez tecnológica (International Organization for Standardization, 2018; Ministerio de

Economía y Finanzas, 2021). Este marco también propone una estructura para el trabajo interdisciplinario y el uso eficiente de los recursos, lo que apunta a mejorar la toma de decisiones y a garantizar la trazabilidad y calidad de la información técnica.

En Reino Unido, el enfoque teórico del uso de BIM se ha apoyado en la transformación digital como un eje clave para modernizar el sector de la construcción. A través de marcos como el Digital Built Britain, se plantea que la información digital debe integrarse desde la concepción hasta la operación de un activo, permitiendo un ciclo de vida más controlado y eficiente (UK Government, 2016). Este marco teórico promueve una visión sistémica donde la colaboración y los datos abiertos son esenciales para una infraestructura inteligente.

Además, las iniciativas teóricas adoptan principios del enfoque Lean Construction y del ciclo de vida completo del activo, permitiendo una toma de decisiones más informada. Este marco también reconoce la necesidad de adaptar estándares como la ISO 19650 a nivel nacional, promoviendo una cultura digital dentro de las instituciones y empresas (Centre for Digital Built Britain, 2022).

El Reino Unido ha liderado un cambio de paradigma al pasar de la simple digitalización a una integración estratégica de BIM con otras tecnologías emergentes como IoT y Big Data, creando así un ecosistema donde el conocimiento compartido impulsa la innovación en infraestructura pública y privada (Cabinet Office, 2011).

En Canadá, el marco teórico que sustenta la implementación de BIM se apoya en una visión integradora del ciclo de vida de los proyectos. Desde el diseño hasta la operación, la metodología BIM ha permitido consolidar una estructura de trabajo colaborativa que reemplaza los modelos tradicionales fragmentados. Esta perspectiva considera la digitalización como una herramienta para mejorar la planificación y reducir los márgenes de error, lo cual es especialmente relevante en sectores como el transporte y la salud pública.

La teoría se alinea con principios de interoperabilidad y sostenibilidad, destacando la importancia de los estándares abiertos como IFC (Industry Foundation Classes) y COBie (Construction-Operations Building Information Exchange). Estos enfoques facilitan el flujo de información entre plataformas y actores, eliminando silos de comunicación y asegurando la trazabilidad de los datos en cada fase del proyecto (buildingSMART Canadá, 2022).

Asimismo, la implementación de BIM en Canadá está influenciada por teorías sobre innovación tecnológica en la gestión pública, que destacan la necesidad de marcos normativos flexibles, políticas de adopción progresiva y una cultura institucional que favorezca el cambio. Estas bases teóricas explican la elección de modelos voluntarios y colaborativos en vez de mandatos rígidos (Canadian BIM Council [CanBIM] & buildingSMART Canada, 2020).

En España, el enfoque teórico que sustenta la implementación de BIM se basa en la transformación digital del sector construcción, integrando tecnologías de modelado tridimensional, colaboración multidisciplinaria y gestión de datos a lo largo del ciclo de vida

del proyecto. Estas bases están en línea con las directrices de la ISO 19650, que propone una estructura común para la gestión de la información en proyectos BIM (International Organization for Standardization, 2018).

En el contexto español, el marco teórico también reconoce el rol clave de la interoperabilidad entre plataformas digitales y la necesidad de establecer entornos de datos comunes (CDE). Esta visión se alinea con la evolución del sector hacia una mayor transparencia, eficiencia y sostenibilidad (buildingSMART Spain, 2022).

El desarrollo teórico enfatiza, además, la necesidad de competencias digitales y culturales para que BIM no solo sea una herramienta técnica, sino también un catalizador de cambio organizacional y mejora continua (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023).

En Chile, la experiencia parte de un eje claro: la digitalización debe conectar todo el ciclo de vida del activo, desde la idea inicial hasta la operación y el mantenimiento. Bajo este enfoque, la metodología Building Information Modeling (BIM) –apoyada en estándares como ISO 19650– se convierte en la columna vertebral que articula disciplinas, organiza datos y facilita la toma de decisiones colaborativas (Succar B, Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009; International Organization for Standardization, 2018).

En la práctica, el país combina los principios de Lean Construction y la gestión integrada de proyectos (IPD) para reducir desperdicios y fomentar la creación conjunta de valor. Los planes de ejecución BIM (BEP) y el entorno común de datos (CDE) materializan estas ideas, asegurando que los equipos de la línea 7 del Metro o del estadio nacional puedan trabajar sobre información única y confiable en tiempo real (Planbim, 2020).

Además, la adopción del modelo de madurez de Bew y Richards sitúa a la mayoría de los casos de estudio en el nivel 2, caracterizado por modelos disciplinarios coordinados en formatos abiertos (IFC). Cuando este marco convive con los principios de construcción sostenible (Kibert, 2016), BIM se revela como un catalizador para la eficiencia energética y la transparencia, incluso en contextos de recursos limitados como los sistemas de agua potable rural.

En Singapur, el uso de building information modeling (BIM) se fundamenta en una visión estratégica orientada a la transformación digital del sector construcción. Esta iniciativa ha sido impulsada por la building and construction authority (BCA), que ha promovido el desarrollo de un entorno colaborativo y eficiente. El modelo BIM no solo representa una herramienta tecnológica, sino que se integra como una filosofía de trabajo que optimiza la comunicación entre los distintos actores del ciclo de vida de un proyecto (Building and Construction Authority, 2021).

Desde el plano conceptual, el enfoque adoptado por Singapur se sustenta en la transición desde metodologías tradicionales hacia modelos más colaborativos y predictivos. Esto ha implicado no solo la incorporación de software y plataformas tecnológicas, sino también la redefinición de procesos, roles y estándares dentro de la industria. El marco teórico ha sido enriquecido con lineamientos internacionales, como la serie ISO 19650, que regula la gestión de la información a lo largo del ciclo de vida del activo construido (ISO, 2018).

En ese sentido, Singapur no solo ha desarrollado marcos normativos locales, sino que ha contribuido activamente a la construcción de una cultura digital, en la que el uso del BIM se entiende como una herramienta estratégica para la sostenibilidad urbana, la planificación inteligente y la mejora continua de los proyectos públicos y privados (Tan, Wong, & Wong, 2016).

Las tablas 13 y 14 presentan los puntos más relevantes encontrados entre los casos analizados, desarrollados en los apéndices A, B, C, D, E y F. La tabla 13 recoge las principales similitudes, mientras que la tabla 14 resume las diferencias más significativas entre los marcos teóricos de cada país respecto a la implementación de BIM. Ambos cuadros sirven como base para la propuesta de estrategias que promuevan una adopción efectiva en el Perú.

Tabla 13

Similitudes marco teórico

Similitud	Países involucrados	Descripción
Base en ISO 19650	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur, Canadá	Todos los países toman como punto de partida esta norma para la gestión de información en BIM.
Ciclo de vida completo del activo	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur, Canadá	Consideran el uso de BIM desde el diseño hasta la operación y mantenimiento.
Énfasis en la interoperabilidad	Perú, Reino Unido, Canadá, España, Chile, Singapur	Se promueve el uso de formatos abiertos como IFC y COBie.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

Tabla 14*Diferencias marco teórico*

Diferencia	Países involucrados	Descripción
Integración con otros modelos teóricos	Reino Unido, Chile, Canadá, Singapur	Se incorpora Lean Construction, IPD (<i>Project Delivery</i>) o Big Data.
Fomento de cultura digital	España, Chile, Singapur, Reino Unido	Se reconoce la necesidad de cambio cultural e institucional.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

La tabla 15 sintetiza el marco teórico BIM de cinco contextos comparados, tomando como referencia los casos analizados y mostrando en el apéndice: Perú, Reino Unido, Singapur, España y Chile, y Canadá. Para cada uno se identifica el pilar distintivo (por ejemplo, el mandato legal del UK BIM Framework o el ecosistema digital singapurense) y se extrae una enseñanza para Perú: la clave que debería imitar o el riesgo que conviene evitar. En un vistazo, el cuadro muestra cómo cada país aterriza la ISO 19650 y qué lección concreta aporta al Plan BIM Perú.

Tabla 15*Marco teórico*

Países	Pilar teórico distintivo	Enseñanza para Perú
Perú	Guía nacional BIM + adopción voluntaria-progresiva	Debe pasar de pilotos a aplicación homogénea y obligatoria.
Reino Unido	Mandato legal alineado al UK BIM framework (ISO 19650)	Un calendario obligatorio acelera la adopción masiva.
Singapur	Ecosistema digital con e-Submission, incentivos y certificación	Biblioteca y CDE + subsidios impulsan la profesionalización.
España y Chile	Obligatoriedad escalonada con guías locales detalladas	Modelo gradual facilita la transición sin frenar proyectos.

Países	Pilar teórico distintivo	Enseñanza para Perú
Canadá	Flexibilidad regional sin norma nacional unificada	Riesgo de desigualdad; se requiere marco nacional cohesivo.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

El balance comparativo de los marcos teóricos descritos en el apéndice Perú, Reino Unido, Canadá, España, Chile y Singapur revela un consenso fundamental: el BIM funciona cuando la gestión digital de la información se concibe como un hilo que recorre todo el ciclo de vida del activo, respaldado por la norma ISO 19650 y sus adaptaciones locales. Perú avanza con su guía nacional BIM y un enfoque voluntario progresivo, mientras que el Reino Unido y Singapur exhiben el poder de un mandato firme apoyado en estándares abiertos y entornos comunes de datos. España y Chile muestran que la obligatoriedad escalonada, combinada con guías detalladas y roles definidos, impulsa la cultura colaborativa; Canadá advierte que la flexibilidad sin coordinación nacional puede crear islas de madurez.

De la lectura cruzada de estos casos emerge un lineamiento claro para el Perú. Primero, ratificar la ISO 19650 como paraguas normativo y cerrar la brecha de aplicación con capacitación certificada y acompañamiento técnico a todas las entidades públicas. Segundo, fijar un calendario de obligatoriedad gradual inspirado en la experiencia británica que señale qué proyectos deberán modelarse en BIM y con qué alcance. Tercero, consolidar un ecosistema digital: biblioteca nacional de objetos, CDE interoperable y certificación profesional, al estilo singapurense. Finalmente, territorializar el aprendizaje mediante alianzas con gobiernos regionales y universidades, evitando la dispersión de niveles de madurez que hoy se observa en Canadá.

Aplicar estas cuatro palancas norma única, mandato escalonado, soporte robusto y cobertura nacional llevará al Plan BIM Perú más allá del piloto. Así, el país podrá replicar la eficiencia, la sostenibilidad y la transparencia demostradas en los casos internacionales, convirtiendo el BIM en la columna vertebral de la infraestructura pública peruana.

3.1.8 Similitudes y diferencias de: Impacto en eficiencia y efectividad

En Perú, la implementación de BIM ha comenzado a mostrar resultados positivos en eficiencia y efectividad en el sector público peruano. Proyectos piloto como los de Provías Nacional y el PRONIED han logrado detectar interferencias en etapa temprana, optimizar tiempos y reducir sobrecostos gracias a modelos digitales colaborativos (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2022). Además, la centralización de datos en un modelo único ha mejorado la comunicación entre actores y ha permitido un mayor control sobre la ejecución de las obras. Estas herramientas digitales permiten simular fases constructivas y anticipar posibles riesgos, lo que favorece el uso racional de los recursos humanos y

materiales. No obstante, estos logros aún son parciales y están condicionados por el nivel de preparación de cada entidad pública, lo cual ha generado una adopción desigual de BIM a nivel nacional.

En Reino Unido, la implementación de BIM ha generado resultados tangibles en términos de eficiencia. Uno de los impactos más notables ha sido la reducción de errores durante el diseño y la construcción, gracias a la coordinación digital entre disciplinas. Esto se traduce en menos reprocesos y en una mejor planificación de obra (Centre for Digital Built Britain, 2022).

También se han optimizado los procesos de mantenimiento y operación, ya que los modelos BIM permiten a los gestores acceder a información crítica en tiempo real. Esto facilita las inspecciones preventivas y reduce los costos operativos a largo plazo, como ha sido documentado en varios proyectos del sector salud y transporte (UK BIM Alliance, 2023).

Asimismo, la transparencia derivada del uso de modelos colaborativos ha mejorado la rendición de cuentas en los contratos públicos, reduciendo disputas legales y fortaleciendo la confianza entre los actores involucrados (Cabinet Office, 2011).

En Canadá, la aplicación de BIM ha demostrado un impacto positivo en la eficiencia y efectividad de los proyectos canadienses. En obras como hospitales y grandes estaciones ferroviarias, se ha logrado reducir significativamente los tiempos de ejecución, minimizar interferencias técnicas y mejorar la planificación financiera. Este impacto es medible a través de indicadores como la reducción de reprocesos, el ahorro de materiales y el cumplimiento de cronogramas (Infrastructure Ontario, 2015).

Además, la digitalización ha facilitado una mayor transparencia y control en la toma de decisiones, gracias a la disponibilidad de datos actualizados y precisos. En contextos urbanos complejos, donde la coordinación de múltiples actores es clave, BIM ha permitido optimizar el uso de recursos públicos y aumentar la previsibilidad en los resultados finales.

Cabe resaltar que estos beneficios no solo se reflejan en la fase de construcción, sino también en la operación y mantenimiento, donde los modelos BIM se utilizan como gemelos digitales para monitorear el comportamiento de los activos en tiempo real.

En España, en los casos analizados, la implementación de BIM ha generado mejoras notables en la eficiencia operativa, desde la detección temprana de interferencias hasta la reducción de tiempos y costos en obra. En particular, proyectos como la rehabilitación del Puerto de Málaga evidencian una planificación más precisa y una coordinación más efectiva entre disciplinas (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023).

BIM también ha optimizado la toma de decisiones, permitiendo simulaciones energéticas, revisiones de diseño en tiempo real y mejor control de calidad. Estas ventajas se traducen en una mayor efectividad en la ejecución de proyectos públicos, aportando transparencia y trazabilidad en cada fase (INECO, 2021).

Otro impacto positivo ha sido la mejora en la comunicación con los stakeholders, facilitada por modelos visuales compartidos que permiten una comprensión integral de los proyectos, incluso por parte de actores no técnicos (buildingSMART Spain, 2022).

En Chile, en la remodelación del estadio nacional, la centralización de la información redujo retrabajos y permitió mantener operativas zonas clave; al detectar interferencias antes de la obra física, el proyecto avanzó con menos sorpresas y mayor control de costos (Global BIM Network, 2019).

Algo similar ocurrió en la línea 7 del metro y el hospital Sótero del Río: la programación 4D y la estimación 5D ajustaron cronogramas y presupuestos, mientras la coordinación 3D minimizó errores entre especialidades y agilizó la gestión de recursos (Planbim, 2020).

Incluso en entornos complejos, como el puente Chacao, la interoperabilidad de modelos mejoró la logística y elevó la trazabilidad de decisiones. El resultado fue una disminución del riesgo y una ejecución más fiable, pese a las limitaciones de conectividad y presupuesto (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2024).

En Singapur, la implementación de BIM en Singapur ha generado mejoras sustanciales en términos de eficiencia y efectividad, particularmente en proyectos de gran envergadura. Uno de los impactos más visibles ha sido la reducción de costos asociados a errores constructivos y retrabajos, gracias a la visualización tridimensional anticipada de interferencias (Building and Construction Authority, 2021).

Además, el uso del BIM ha permitido una mejor planificación de tiempos y recursos, facilitando la coordinación entre disciplinas e incrementando la transparencia en la toma de decisiones. Esto ha contribuido a reducir significativamente los plazos de ejecución y ha fortalecido la trazabilidad documental y la rendición de cuentas en los proyectos (Tan, Wong, & Wong, 2016).

También se ha promovido una gestión más eficiente del ciclo de vida del activo, gracias a la integración de datos desde la etapa de diseño hasta el mantenimiento operativo, lo que ha beneficiado a propietarios, operadores y usuarios finales (International Organization for Standardization, 2018).

Las tablas 16 y 17 presentan los puntos más relevantes encontrados entre los casos analizados, desarrollados en los apéndices A, B, C, D, E y F. La tabla 16 recoge las principales similitudes, mientras que la tabla 17 resume las diferencias más significativas entre el impacto en eficiencia y efectividad de cada país respecto a la implementación de BIM. Ambos cuadros sirven como base para la propuesta de estrategias que promuevan una adopción efectiva en el Perú.

Tabla 16*Similitudes de impacto en eficiencia y efectividad*

Similitud	Países	Descripción
Reducción de errores y retrabajos	Perú, España, Canadá, Reino Unido, Chile, Singapur	Se detectan interferencias antes de la obra, disminuyendo reprocesos.
Mejor planificación de tiempos y recursos	Perú, España, Canadá, Reino Unido, Chile, Singapur	BIM permite ajustar calendarios y optimizar materiales y mano de obra.
Centralización de información	Perú, Reino Unido, Chile, Singapur	El uso de un modelo único mejora la comunicación y trazabilidad.
Mayor transparencia y rendición de cuentas	Reino Unido, Canadá, España, Singapur	BIM facilita seguimiento y reduce litigios o disputas.
Impacto medible en costos y cronogramas	Perú, España, Canadá, Reino Unido, Chile, Singapur	Se reportan ahorros concretos en dinero y plazos gracias al uso de BIM.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

Tabla 17*Diferencias de impacto en eficiencia y efectividad*

Diferencia	Países	Detalle
Productividad en mantenimiento y operación	Reino Unido, Singapur, Canadá	Se optimiza el tiempo de inspecciones y se reducen costos operativos gracias al uso de modelos BIM como gemelos digitales.
Comunicación visual con stakeholders no técnicos	España, Singapur	Los modelos visuales facilitan que actores no técnicos comprendan mejor el proyecto, mejorando la toma de decisiones y la participación temprana.

Etapa del ciclo de vida donde más se aplica	Diseño y construcción: Perú, Reino Unido, Chile; mantenimiento: Canadá, Singapur	Singapur y Canadá aprovechan BIM como gemelo digital para gestión post-obra.
Contexto de implementación	Público + privado: RU, Singapur; sólo público o piloto: Perú	Reino Unido y Singapur integran BIM en todo el ecosistema.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

La tabla 18 sintetiza para seis países o proyectos emblemáticos, los impactos más relevantes que el BIM ha tenido sobre la eficiencia y la efectividad de las obras públicas, tomando como referencia los casos analizados y mostrando en el apéndice. En la primera columna se identifican los. La segunda columna resume los efectos observados desde la detección temprana de interferencias hasta la reducción de reprocesos y la tercera traduce esos efectos en un beneficio cuantificable (ahorros de tiempo, dinero o litigios). El cuadro permite comparar rápidamente cómo cada contexto confirma que la centralización de datos y la coordinación digital generan resultados medibles.

Tabla 18

Impacto en eficiencia y efectividad

Países	Impactos observados	Beneficios cuantificables
Perú	Detección temprana de interferencias, ajuste de calendarios, reducción de sobrecostos.	Ahorros reales en tiempo y dinero (cifras piloto).
Reino Unido	Reducción de reprocesos y transparencia contractual gracias al mandato BIM nivel 2 y CDE.	Menos litigios y costes de cambio; plazos más predecibles.
Canadá	Gemelos digitales en hospitales y estaciones: menor desperdicio de material y recorte de plazos.	Cumplimiento de cronograma y presupuesto en obras sanitarias y transporte.
España	Modelo compartido que agiliza aprobaciones y facilita comunicación entre técnicos y no técnicos.	Menor tiempo de revisión y mayor aceptación de stakeholders.

Países	Impactos observados	Beneficios cuantificables
Chile	Programación 4D/5D reduce riesgos y optimiza recursos en obras complejas con bajo presupuesto.	Disminución de contingencias y ajustes de último minuto.
Singapur	Datos integrados de diseño a mantenimiento: menos retrabajos y mejor rendición de cuentas.	Reducción significativa de costos operativos a largo plazo.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

Un repaso a los proyectos que recopilamos en los apéndices A, B, C, D, E y F deja un mensaje rotundo: cuando la información viaja en un modelo BIM único, los imprevistos se vuelven la excepción y no la regla.

En el Perú, los modelos de Provías y PRONIED ya evitaron interferencias en obra y afinaron calendarios, demostrando que la digitalización paga su inversión con ahorros reales. El Reino Unido va un paso más allá: su mandato obligatorio de coordinación digital redujo reprocesos y convirtió la transparencia contractual en rutina, no en promesa. Canadá confirma el patrón; al usar gemelos digitales en hospitales y estaciones, recorta plazos y material desperdiciado. España, con el puerto de Málaga como vitrina, muestra cómo un modelo compartido facilita la conversación entre técnicos y no técnicos, acelerando las aprobaciones. En Chile, la programación 4D/5D del estadio nacional o la línea 7 del metro minimizó riesgos incluso en contextos de presupuesto ajustado. Y Singapur eleva la apuesta integrando datos desde el diseño hasta el mantenimiento: menos retrabajos, más rendición de cuentas.

¿Qué aprendizaje deja este recorrido para el plan BIM Perú? Que los beneficios ya probados en pilotos deben escalar. El lineamiento es sencillo: mandato gradual + CDE obligatorio + métricas comunes. Obligar con plazos razonables a que cada proyecto público modele y centralice su información; formar equipos certificados que midan tiempo, costo y retrabajos de manera uniforme; y mostrar esos números para reforzar la confianza. Así, las mejoras que hoy brillan en casos aislados se convertirán en la nueva forma de hacer infraestructura en todo el país.

3.1.9 Similitudes y diferencias de: Avances significativos

En Perú, uno de los avances más importantes ha sido el desarrollo de instrumentos normativos como la guía nacional BIM y el glosario BIM, que brindan un lenguaje común para los actores involucrados en proyectos de infraestructura. Estos documentos han facilitado la incorporación de BIM al sistema de inversión pública Invierte.pe, haciendo más fluido su uso en los procesos administrativos y técnicos del estado (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2021). El MEF también ha impulsado espacios de formación y asistencia técnica para

fortalecer capacidades institucionales. Estas acciones han permitido crear una comunidad técnica activa que intercambia conocimientos y buenas prácticas, lo que resulta clave para asegurar la sostenibilidad del proceso. Además, Perú ha participado en redes regionales como la red BIM de gobiernos de América Latina, lo que ha potenciado el aprendizaje a partir de experiencias internacionales.

En Reino Unido, desde el mandato gubernamental de 2016, el Reino Unido ha logrado una adopción masiva del BIM nivel 2, convirtiéndose en referente internacional. Este avance fue impulsado por la exigencia de utilizar BIM como requisito en contratos públicos (Digital Built Britain, 2015).

Se han desarrollado plataformas como el BIM Toolkit y Common Data Environments (CDEs), que permiten una mejor gestión de la información. Estas herramientas han sido acompañadas de programas de formación y certificación profesional, fomentando la estandarización de prácticas en la industria (UK BIM Alliance, 2022).

Además, el país ha integrado BIM en estrategias más amplias como construction 2025 y la política de Smart Cities, lo que ha permitido vincular los modelos digitales con tecnologías de gestión urbana y sostenibilidad (Centre for Digital Built Britain, 2022).

Canadá ha tenido importantes avances en la consolidación de su ecosistema BIM. Uno de los hitos clave ha sido el fortalecimiento de organizaciones como buildingSMART Canada, que lideran la estandarización y capacitación en torno al uso del modelado de información. Su integración con iniciativas globales ha permitido alinear las prácticas locales con tendencias internacionales.

Otro avance ha sido el compromiso de entidades públicas como Infrastructure Canada en promover el uso de BIM en proyectos financiados con fondos federales. A través de guías técnicas, pilotos y convenios con gobiernos provinciales, se ha generado un entorno favorable para su expansión (Infrastructure Ontario, 2015).

Finalmente, cabe destacar el rol del sector privado, especialmente en regiones como Ontario y Columbia Británica, donde empresas constructoras, diseñadores y operadores han adoptado BIM como práctica común, impulsando así un cambio de paradigma que supera las fronteras institucionales.

España ha registrado avances importantes en la creación de estándares nacionales, como la estrategia nacional BIM y la inclusión progresiva del modelado digital en licitaciones públicas. Desde 2020, varias comunidades autónomas han comenzado a aplicar BIM de forma obligatoria en ciertas fases de proyectos (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023).

Además, se han desarrollado plataformas de formación y colaboración como la comisión interministerial BIM, y se ha fortalecido la participación de entidades como

BuildingSMART Spain, que promueven la homologación y adopción de estándares abiertos (buildingSMART Spain, 2022).

La publicación de guías técnicas, como la guía BIM para Infraestructuras del MITMA, también representa un hito en el proceso de institucionalización del BIM en el país, contribuyendo a la alineación con mejores prácticas internacionales (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023).

En Chile, desde que el uso de BIM se hizo obligatorio en proyectos públicos en 2020, el nivel 2 se consolidó como estándar mínimo. megaproyectos como el estadio nacional, la línea 7 del metro y el puente Chacao funcionan ahora sobre protocolos alineados con ISO 19650 (Planbim, 2020).

El siguiente paso es la transición al nivel 3, que supone un modelo único federado y colaboración en tiempo real. Para ello, PlanBIM desarrolla bibliotecas de objetos y guías que facilitan la adopción escalable de estos procesos (Planbim Chile, 2023).

Otro avance visible es la incorporación sistemática de las dimensiones 4D (tiempo) y 5D (costos): las simulaciones de escenarios y el mantenimiento predictivo ya son prácticas habituales en hospitales y obras de infraestructura mayor, mejorando la capacidad de respuesta ante imprevistos (Maturana & Valenzuela, 2021).

Singapur se ha consolidado como un referente internacional en la adopción de BIM gracias a una estrategia coordinada y sostenida. Uno de los avances más significativos ha sido la creación del Singapore BIM guide y del BIM e-Submission, que han estandarizado la entrega digital de modelos para aprobaciones regulatorias (Building and Construction Authority, 2021).

Otro avance clave ha sido la inversión en formación profesional, a través de iniciativas como el BIM roadmap y los programas de certificación BIM manager, que han fortalecido las capacidades técnicas de la fuerza laboral (Tan, Wong, & Wong, 2016).

Adicionalmente, el gobierno ha incentivado la adopción mediante subsidios y la integración de BIM en plataformas nacionales como CORENET X, orientadas a acelerar los procesos de revisión y aprobación digital, consolidando una infraestructura tecnológica de clase mundial (International Organization for Standardization, 2018).

Las tablas 19 y 20 presentan los puntos más relevantes encontrados entre los casos analizados, desarrollados en los apéndices A, B, C, D, E y F. La tabla 19 recoge las principales similitudes, mientras que la tabla 20 resume las diferencias más significativas entre los avances significativos de cada país respecto a la implementación de BIM. Ambos cuadros sirven como base para la propuesta de estrategias que promuevan una adopción efectiva en el Perú.

Tabla 19*Similitudes de avances significativos*

Similitud	Países involucrados	Descripción
Desarrollo de guías y estándares BIM	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur, Canadá	Cada país ha producido documentos técnicos para normar el uso de BIM (ej. guía nacional BIM, Singapore BIM Guide).
Fomento de comunidades técnicas o sectoriales	Perú, Canadá, España, Reino Unido	Existen comisiones, alianzas o instituciones que promueven el uso de BIM y capacitación.
Integración con plataformas digitales	Perú, Reino Unido, Singapur, Chile	Incorporación de BIM en entornos como Invierte.pe, CORENET X o CDEs.
Apoyo a la capacitación	Perú, Singapur, Reino Unido, Canadá	Impulso a la formación profesional y certificaciones técnicas.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

Tabla 20*Diferencias de avances significativos*

Diferencia	Países involucrados	Detalle
Presencia de mandato obligatorio	Presente: Reino Unido, Chile, Singapur, España (parcial), Perú; ausente: Canadá	Algunos lo exigen en contratos públicos, otros solo promueven voluntariamente.
Rol del sector privado	Fuerte en: Canadá, Reino Unido, Chile; débil o incipiente en: Perú	El sector privado impulsa o responde activamente en algunos países.
Estrategia de transición	Gradual: España, Chile; rápida y estructurada: Reino Unido, Singapur	En algunos casos, se planifica por fases; en otros, se acelera con leyes e incentivos.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

La tabla 21 pone frente a frente los avances más representativos de seis jurisdicciones: Perú, Reino Unido, Singapur, Canadá, España y Chile, tomando como referencia los casos analizados y mostrando en el apéndice. Para cada caso se señala: el hito o instrumento que

ha impulsado la adopción de BIM, por ejemplo, el mandato legal del Reino Unido o la biblioteca de objetos chilena; la lección para Perú, es decir, el aprendizaje práctico que podría incorporarse al plan BIM Perú. En pocas líneas el cuadro muestra qué ha funcionado, qué riesgo existe y qué confirmación empírica respalda cada experiencia.

Tabla 21

Avances significativos

Países	Avances destacados	Aprendizajes para Perú
Perú	Guía nacional BIM + glosarios conectados a Invierte.pe; pilotos con menos interferencias y sobrecostos.	Ruta correcta, pero falta acelerar la obligatoriedad y homogeneizar la adopción.
Reino Unido	Mandato legal BIM Nivel 2; BIM Toolkit y CDE estandarizado normalizan la práctica.	La obligatoriedad sistemática impulsa adopción masiva y reduce litigios.
Singapur	Guías claras, certificación profesional y subsidios que acompañan la aprobación y formación digital (CORENET).	Mandato combinado con incentivos acelera la curva de aprendizaje.
Canadá	Organizaciones sectoriales lideran la estandarización sin mandato federal; se necesitan brechas regionales visibles.	La coordinación sectorial es útil, pero se necesita marco nacional para evitar disparidades.
España	Estrategia nacional + comisión BIM; inclusión progresiva en licitaciones y guías técnicas de infraestructura.	Enfoque escalonado con guías detalladas facilita la transición sin frenar proyectos.
Chile	Nivel 2 consolidado; bibliotecas de objetos y guías 4D/5D para salto a nivel 3.	Planear la evolución de niveles de madurez asegura mejora continua.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

El recorrido por los casos de los apéndices A, B, C, D, E y F revela un punto de convergencia: los países que avanzan más rápido han convertido el BIM en política de Estado respaldada por instrumentos normativos, plataformas digitales y programas de formación.

En el Perú se dio el primer paso con la guía nacional BIM y el glosario, creando un lenguaje común que ya se conecta a Invierte.pe. Los resultados de los pilotos menos interferencias y sobrecostos confirman que la ruta es correcta, pero la adopción sigue desigual. El Reino Unido muestra qué ocurre cuando la obligatoriedad entra en escena: el BIM

Toolkit y los CDE estandarizados hicieron del nivel 2 la nueva normalidad. Singapur refuerza la lección: guías claras, certificación profesional y subsidios gubernamentales llevaron la entrega digital a un sistema nacional de aprobación.

Canadá, España y Chile aportan matices valiosos. Canadá demuestra la fuerza de las organizaciones sectoriales cuando no existe mandato federal, aunque también evidencia brechas entre regiones. España avanza con su estrategia nacional y la comisión BIM, mientras Chile consolida el nivel 2 y prepara el salto al nivel 3 con bibliotecas de objetos y guías para 4D/5D.

Lineamiento para el Perú. Las experiencias comparadas sugieren una fórmula en tres actos: pasar de la recomendación a un mandato calendarizado que eleve el BIM al nivel de requisito en contratos públicos; fortalecer la infraestructura de apoyo con un CDE interoperable, bibliotecas de objetos y un programa de certificación profesional; y asegurar la equidad territorial mediante alianzas con gobiernos regionales y universidades que repliquen la capacitación fuera de Lima.

Implementar estas tres palancas norma obligatoria, ecosistema digital y cobertura nacional permitirá que los avances vistos en pilotos puntuales se conviertan en una política pública sólida, capaz de entregar proyectos más eficientes, transparentes y sostenibles a lo largo y ancho del país.

3.1.10 Similitudes y diferencias de: Ventajas y desventajas

En Perú, el uso de BIM ha traído consigo varias ventajas para el sector público. Entre ellas destacan la mejora en la calidad técnica de los diseños, la reducción de errores, una mayor trazabilidad de la información y la posibilidad de trabajar de forma colaborativa en tiempo real. Asimismo, se ha fortalecido la transparencia y la rendición de cuentas en la gestión pública, al contar con datos precisos y verificables (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2022). Otra ventaja significativa es la interoperabilidad con sistemas internacionales como IFC o COBie, que permiten integrar distintas plataformas tecnológicas, ampliando así las capacidades de análisis y control sobre los proyectos. Sin embargo, también existen desafíos. La falta de obligatoriedad normativa, la escasez de profesionales capacitados y la limitada interoperabilidad entre plataformas continúan siendo barreras importantes para una adopción masiva y efectiva del BIM en el país.

En Reino Unido, entre las ventajas más relevantes del uso de BIM se encuentran la mejora en la colaboración interdisciplinaria, el acceso temprano a datos clave del proyecto y la trazabilidad de los cambios a lo largo del ciclo de vida. Esto permite una mayor previsibilidad en costos y cronogramas (Cabinet Office, 2011).

Otra ventaja es la profesionalización del sector, gracias a la adopción de estándares nacionales como PAS 1192 y su posterior transición a ISO 19650, que han elevado el nivel técnico de los profesionales y empresas involucradas (UK Government, 2016).

No obstante, uno de los principales desafíos ha sido la resistencia al cambio por parte de pequeñas y medianas empresas, que enfrentan barreras tecnológicas y de capacitación. Además, la interoperabilidad entre plataformas digitales sigue siendo un problema técnico que limita la integración total del BIM (UK BIM Alliance, 2022).

En Canadá, entre las principales ventajas del uso de BIM se encuentran la mejora en la coordinación entre disciplinas, la reducción de errores durante la construcción, el fortalecimiento de la transparencia en procesos públicos y la optimización del mantenimiento de activos. Todo esto ha permitido que las inversiones sean más sostenibles y eficientes a largo plazo.

Sin embargo, también se han identificado algunas limitaciones. Una de ellas es la falta de una política nacional obligatoria que unifique criterios y acelere su adopción en todo el país. A esto se suma la disparidad en capacidades técnicas entre diferentes jurisdicciones y actores, lo cual puede generar brechas en la implementación.

Además, el costo inicial en software, capacitación y adecuación tecnológica continúa siendo una barrera para muchas entidades, especialmente aquellas con recursos limitados. Esta situación refuerza la necesidad de estrategias inclusivas que consideren tanto la infraestructura tecnológica como el desarrollo del capital humano (Canadian BIM Council [CanBIM] & buildingSMART Canada, 2020).

En España, entre las principales ventajas del uso de BIM destacan la mejora en la precisión de presupuestos, mayor sostenibilidad de los diseños, reducción de errores en obra y una gestión más eficiente de activos. BIM también favorece la transparencia en la gestión pública, aspecto clave en proyectos financiados con fondos europeos (INECO, 2021).

No obstante, también existen desventajas o barreras, como la resistencia al cambio en instituciones tradicionales, la escasez de profesionales capacitados y la falta de obligatoriedad en todo el territorio nacional. Estas limitaciones ralentizan la adopción homogénea del BIM en todas las regiones (buildingSMART Spain, 2022).

Otra desventaja importante es la inversión inicial en software, hardware y formación, lo que representa un desafío para pequeñas y medianas empresas, especialmente en el ámbito público y regional (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023).

En Chile entre las ventajas se ve la visualización anticipada del diseño y la detección temprana de colisiones mejoran la coordinación entre disciplinas. En la línea 7 del metro, estas funcionalidades redujeron significativamente los sobrecostos y el estrés asociado a ajustes de último minuto (Planbim, 2020).

El control de costos y la trazabilidad documental se ven reforzados gracias a simulaciones 5D y a un historial completo de cambios. Esto fomenta la transparencia ante las partes interesadas y ayuda a cumplir los plazos (Global BIM Network, 2019).

BIM también impulsa la sostenibilidad y la aceptación social. En el puente Chacao, la modelación digital permitió explicar visualmente el proyecto a las comunidades, optimizar la logística y elegir materiales con menor huella ambiental (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2024).

Y entre las desventajas el primer obstáculo es la curva de aprendizaje: requiere inversión en capacitación y tiempo para que los equipos adopten nuevas herramientas. Tanto en el estadio nacional como en el hospital Sótero del Río se registraron retrasos iniciales atribuidos a este factor (Planbim, 2020).

A ello se suman las brechas de interoperabilidad y la falta de estandarización interna. Incompatibilidades entre plataformas o versiones de software pueden frenar el intercambio fluido de información, como se observó en ciertas fases del puente Chacao (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2024).

Finalmente, los costos iniciales de licencias y hardware especializado generan resistencia, especialmente entre contratistas acostumbrados a métodos tradicionales. Sin una planificación financiera clara, estas inversiones pueden traducirse en sobrecargos y demoras (Planbim, 2020).

En Singapur, entre las principales ventajas del uso de BIM se destacan la mejora en la comunicación entre equipos, la detección temprana de errores, la optimización del uso de recursos y la trazabilidad de decisiones. Estos beneficios se traducen en proyectos más sostenibles, eficientes y con menor impacto ambiental (Building and Construction Authority, 2021).

Sin embargo, también existen desafíos. Uno de ellos es la resistencia al cambio por parte de algunos actores, especialmente aquellos con menor familiaridad tecnológica. Además, la interoperabilidad entre plataformas y la gestión de grandes volúmenes de datos pueden representar barreras para una implementación fluida (Tan, Wong, & Wong, 2016).

Otro aspecto a considerar es el costo inicial de adopción, tanto en software como en capacitación, lo que puede resultar una limitante para pequeñas y medianas empresas. Aun así, los beneficios a largo plazo han demostrado justificar esta inversión, consolidando a Singapur como un líder regional en construcción digital (International Organization for Standardization, 2018).

Las tablas 22, 23, 24 y 25 presentan los puntos más relevantes encontrados entre los casos analizados, desarrollados en los apéndices A, B, C, D, E y F. La tabla 22 y 23 recoge las principales similitudes y diferencias de las ventajas, mientras que la tabla 24 y 25 resume las diferencias más significativas entre las desventajas de cada país respecto a la implementación de BIM. Ambos cuadros sirven como base para la propuesta de estrategias que promuevan una adopción efectiva en el Perú.

Tabla 22*Similitudes de ventajas*

Ventaja	Países involucrados	Descripción
Reducción de errores y sobrecostos	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur, Canadá	BIM permite detectar interferencias tempranas y optimizar costos y tiempos.
Mejora en la colaboración y trazabilidad	Perú, Reino Unido, España, Chile, Singapur, Canadá	Coordinación interdisciplinaria y mejor manejo de información en el proyecto.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

Tabla 23*Diferencias de ventajas*

Ventaja	Países involucrados	Descripción
Soporte institucional y certificación	Singapur, España, RU,	Programas de certificación profesional y respaldo normativo robusto.
Inclusión de 4D/5D o gemelos digitales	Chile, Canadá, Singapur	Uso avanzado del BIM para planificación, mantenimiento y sostenibilidad.
Aceptación por parte de actores no técnicos	España, Singapur	Modelos visuales mejoran la comunicación de proyectos complejos.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

Tabla 24*Similitudes de desventajas*

Desventajas	Países involucrados	Descripción
Obstáculos por costos iniciales	Perú, Canadá, Singapur, España, Chile,	La inversión en software, hardware y formación es una barrera, sobre todo para PYMES.

Desventajas	Países involucrados	Descripción
Curva de aprendizaje	Perú, Chile, Singapur, España	Requiere tiempo y capacitación especializada para una adopción efectiva.
Problemas de interoperabilidad	Todos menos Reino Unido	Incompatibilidades entre plataformas o versiones de software dificultan el trabajo colaborativo.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

Tabla 25

Diferencias de desventajas

Desventajas	Países involucrados	Descripción
Obligatoriedad legal (ausente)	Presente: RU, Singapur, Chile, España (parcial) Ausente: Perú, Canadá	La falta de obligatoriedad afecta el ritmo y profundidad de adopción.
Baja participación del sector privado	Alta en Canadá y RU – Baja en Perú y Chile	Dependencia del sector público limita la expansión e innovación.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

La tabla 26 contrasta, para seis países o casos emblemáticos, los principales beneficios y las barreras detectadas al implementar BIM. La primera columna identifica el país, la segunda resume las ventajas como reducción de sobrecostos, coordinación 4D/5D o transparencia contractual, la tercera enumera las desventajas recurrentes curva de aprendizaje, costos iniciales, interoperabilidad y la última destila un mensaje para Perú, es decir, la lección práctica que el plan BIM Perú podría adoptar o evitar según cada experiencia.

Tabla 26

Ventajas y desventajas

Países	Ventajas	Desventajas	Mensaje para Perú
Perú	Menos interferencias y sobrecostos; trazabilidad de datos.	Curva de aprendizaje; falta de mandato uniforme.	Escalar de piloto a requisito nacional.

Países	Ventajas	Desventajas	Mensaje para Perú
Reino Unido	Colaboración disciplinaria; Pymes rezagadas; previsibilidad costo plazo; interoperabilidad entre transparencia contractual. plataformas.		Mandato firme acelera adopción, pero se necesita apoyo a Pymes.
Canadá	Gemelos digitales reducen plazos y material desperdiciado.	Desigualdad regional; costo inicial de software y capacitación.	Un marco nacional evitaría brechas de madurez.
España	Precisión de presupuestos; sostenibilidad y control de activos.	Resistencia al cambio; inversión inicial en licencias.	Guías detalladas + incentivos para pequeñas empresas.
Chile	Simulación 4D/5D disminuye riesgos y optimiza recursos.	Interoperabilidad limitada; curva de aprendizaje.	Bibliotecas de objetos y estándares abiertos mitigaron barreras.
Singapur	Reducción de plazos y errores; integración de datos de actores a mantenimiento.	Costo inicial y resistencia de actores menos tecnológicos.	Incentivos y certificación profesional justifican la inversión.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

El balance de los casos estudiados en los apéndices de Perú, Reino Unido, Canadá, España, Chile y Singapur confirma que el BIM se ha convertido en un acelerador de eficiencia, transparencia y sostenibilidad allí donde se aplica con rigor. Entre las ventajas compartidas sobresalen la detección temprana de interferencias, la reducción de sobrecostos, la trazabilidad documental y la posibilidad de coordinar a múltiples disciplinas en tiempo real. Perú lo ha vivido en los pilotos de Provías y PRONIED; el Reino Unido lo convirtió en norma al exigir BIM nivel 2; Canadá optimizó hospitales y estaciones con gemelos digitales; España mejoró la precisión de presupuestos en el puerto de Málaga; Chile redujo riesgos en la línea 7 del metro; y Singapur acortó plazos al integrar datos desde el diseño hasta el mantenimiento.

El análisis también expone desventajas recurrentes. La primera es la curva de aprendizaje: sin programas de capacitación robustos, los equipos tardan en dominar las nuevas herramientas. La segunda es la interoperabilidad: incompatibilidades de software o falta de estándares abiertos frenan el flujo de información, como se observó en fases del puente Chacao. La tercera es el costo inicial de licencias y hardware, un obstáculo para PYMES y contratistas que operan con márgenes ajustados. Finalmente, la ausencia de un mandato

uniforme como ocurre aún en Perú y Canadá genera adopciones desiguales y limita el impacto sistémico.

A la luz de estos hallazgos, el lineamiento para el plan BIM Perú se resume en tres acciones: establecer un calendario de obligatoriedad progresiva que dé certeza a todos los actores y eleve el BIM de piloto a requisito; acompañar el mandato con un programa nacional de formación, certificación profesional y subsidios a licencias para PYMES, tal como hizo Singapur; y consolidar la interoperabilidad mediante la adopción estricta de formatos abiertos (IFC, COBie) y la creación de un entorno común de datos nacional. Estas palancas convertirán las ventajas ya demostradas en los casos internacionales en un estándar permanente para la infraestructura pública peruana, cerrando las brechas que hoy limitan la adopción masiva de BIM.

3.2 Identificación de brechas y desafíos en Perú

En Perú, uno de los principales desafíos identificados es la heterogeneidad en la capacidad técnica entre las entidades públicas. Si bien el plan BIM Perú promueve una implementación progresiva, aún existe una brecha significativa en la disponibilidad de profesionales capacitados y en el conocimiento técnico para adoptar BIM de manera efectiva en todas las regiones (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2022). Además, muchas instituciones no cuentan con infraestructura tecnológica adecuada, lo cual dificulta la interoperabilidad y el aprovechamiento de herramientas digitales.

Otro aspecto crítico es la limitada obligatoriedad del uso de BIM, lo que genera una implementación desigual. Aunque se han desarrollado guías y estándares, su aplicación no es uniforme y depende en gran medida de la voluntad institucional. Esta falta de obligatoriedad genera incertidumbre respecto a la continuidad del proceso en el largo plazo (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021). También se evidencia una débil articulación entre las políticas de inversión pública y las herramientas BIM.

La tabla 27, se menciona la falta de incentivos reales para el sector privado y la escasa colaboración con universidades y centros de formación profesional constituyen un obstáculo para consolidar un ecosistema BIM robusto. Si bien existen esfuerzos de capacitación, estos no han logrado penetrar masivamente en todos los niveles de gestión de proyectos de infraestructura.

Tabla 27*FODA*

Fortalezas	Oportunidades
Respaldo político del MEF y una guía nacional BIM alineada a ISO 19650.	Imitar los mandatos escalonados de Reino Unido y Singapur para acelerar la adopción.
Integración con Invierte.pe: el modelado dialoga con todo el ciclo de inversión pública.	Crear una biblioteca nacional de objetos BIM y un CDE interoperable – inspiración de Chile y Singapur.
Pilotos (Provías y PRONIED) que prueban ahorros reales y dan credibilidad local.	Impulsar un programa de certificación con universidades y colegios, siguiendo modelos español y singapurense.
Debilidades	Amenazas
Brecha técnica: regiones y ministerios con niveles de madurez muy dispares.	Alfabetización digital limitada en parte de la administración pública.
Obligatoriedad limitada, la continuidad depende de la voluntad institucional.	Disparidades regionales en conectividad que pueden abrir una brecha BIM.
Vínculo débil con sector privado y academia: la formación no llega a la masa crítica.	Alfabetización digital limitada en parte de la administración pública.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis de los casos presentados en los apéndices

3.3 Propuesta de estrategias y recomendaciones para una implementación efectiva de BIM en Perú

A partir del análisis de los modelos internacionales y de los casos de estudio presentados en los apéndices, se han identificado aprendizajes valiosos que permiten adaptar buenas prácticas al contexto peruano. Lo que se muestra a continuación son dos propuestas concretas orientadas a fortalecer el Plan BIM Perú, basadas en esas experiencias. Los casos revisados evidencian cómo otros países han logrado aplicar BIM de forma eficiente en distintos tipos de proyectos, mientras que en el Perú persisten limitaciones, especialmente en la interoperabilidad entre áreas. Por ello, estas propuestas buscan responder a esa realidad con acciones aplicables y realistas para una mejor implementación del BIM en nuestro país.

Propuesta de fases para una implementación efectiva de BIM en Perú:

3.3.1 **Marco normativo**

Estrategia 1: Consolidar un marco legal claro y progresivo para el uso de BIM

- Justificación: Aunque Perú ya ha iniciado una adopción progresiva del BIM, aún no existe una ley o decreto que brinde respaldo legal fuerte y continuidad al plan en el largo plazo. Esto genera dudas, interpretaciones diferentes y frena la inversión en capacidades BIM, sobre todo en regiones.
- Descripción de la estrategia: Promover una ley o norma nacional que oficialice el uso de BIM de forma escalonada, con etapas claras, requisitos mínimos y tiempos razonables para que las entidades públicas se adapten según sus capacidades.
- Acciones clave para la Implementación:
 - Redactar una propuesta de norma con participación de sectores clave.
 - Alinearla con Invierte.pe y otras normas vigentes.
 - Establecer hitos de cumplimiento por tipo de proyecto o entidad.
 - Difundir su contenido de forma sencilla y accesible.
- Impacto en el Plan BIM Perú: Generará confianza, reducirá la incertidumbre y fortalecerá la aplicación del Plan BIM en todo el país.
 - Fomentará una cultura de cumplimiento y digitalización.
 - Unificará los criterios de aplicación del BIM en todas las entidades.
 - Aumentará la inversión en capacidades técnicas a nivel nacional.
- Referencia: Reino Unido logró una adopción ordenada gracias a un mandato legal desde 2016 que fijó reglas claras desde el inicio.

Estrategia 2: Reforzar normas técnicas que aseguren colaboración e interoperabilidad

- Justificación: Muchas entidades usan BIM sin seguir estándares comunes, lo que dificulta compartir información entre áreas, regiones o sectores. No basta con pedir “usar BIM”, es clave definir cómo usarlo correctamente.
- Descripción de la estrategia: Actualizar las guías existentes y convertirlas en normas técnicas que incluyan entregables estandarizados, nomenclaturas, responsabilidades claras y herramientas de verificación.
- Acciones clave para la Implementación:
 - Formar un comité técnico que revise y valide estándares.
 - Adaptar normas internacionales como ISO 19650.
 - Crear una guía nacional de niveles de madurez y entregables BIM.

Incluir estas normas en licitaciones y contratos públicos.

- Impacto en el Plan BIM Perú: Facilitará el trabajo entre diferentes actores, evitará errores y mejorará la calidad de los proyectos públicos.

Promoverá la interoperabilidad y trazabilidad en todas las fases del proyecto.

Establecerá un lenguaje técnico común entre instituciones.

Permitirá mayor eficiencia en supervisión y fiscalización.

- Referencia: Chile logró mejorar sus proyectos gracias a guías BIM claras; España y Singapur también han demostrado los beneficios de estandarizar.

3.3.2 Estándares técnicos

Estrategia 1: Adaptar estándares internacionales al contexto peruano

- Justificación: Aunque existen estándares BIM reconocidos a nivel mundial, en Perú aún no se aplican de manera oficial ni adaptada a nuestra realidad. Esto dificulta el trabajo técnico y crea confusión.

- Descripción de la estrategia: Tomar como base normas como la ISO 19650 o el IFC y adaptarlas a las necesidades del país. Estas guías ayudarán a todas las entidades a saber qué entregables deben presentar, cómo nombrar sus archivos y qué responsabilidades tiene cada actor.

- Acciones clave para la Implementación:

Reunir expertos de distintas entidades para revisar y adaptar los estándares.

Elaborar guías prácticas por tipo de proyecto y por fase (diseño, ejecución, operación).

Publicar plantillas y ejemplos claros.

Capacitar a los equipos técnicos.

- Impacto en el Plan BIM Perú: Tendremos una forma común de trabajar con BIM, lo que reducirá errores, mejorará la coordinación y facilitará la supervisión.

Mejorará la claridad en roles, procesos y entregables.

Reducirá la variabilidad en calidad técnica entre entidades.

Fortalecerá la transparencia y trazabilidad en licitaciones y obras.

- Referencia: El Reino Unido y Chile han usado esta estrategia con mucho éxito, adaptando lo global a su realidad local.

Estrategia 2: Crear una biblioteca nacional y una plataforma de datos compartidos

- Justificación: Hoy en día, cada entidad o proveedor genera su propia información BIM sin una base común. Esto genera pérdidas de tiempo, duplicación de esfuerzos y poca interoperabilidad.
- Descripción de la estrategia: Crear una plataforma nacional que contenga objetos BIM estandarizados (puertas, muros, ventanas, etc.) y que funcione como un espacio de trabajo colaborativo entre diseñadores, supervisores y gestores públicos.
- Acciones clave para la Implementación:
 - Desarrollar una biblioteca nacional de objetos en formato IFC.
 - Habilitar un portal web gratuito y accesible.
 - Capacitar a usuarios sobre cómo cargar, revisar y compartir modelos.
 - Integrar esta plataforma con Invierte.pe.
- Impacto en el Plan BIM Perú: Agilizará procesos, mejorará la trazabilidad y permitirá un control más ordenado de la información.
 - Estandarizará componentes y procesos digitales.
 - Facilitará la interoperabilidad entre equipos multidisciplinarios.
 - Permitirá la gestión centralizada y colaborativa de los modelos BIM.
- Referencia: Chile cuenta con una biblioteca BIM nacional y Singapur ha desarrollado CORENET X, una plataforma modelo para el intercambio digital.

3.3.3 Gobernanza

Estrategia 1: Crear una unidad técnica nacional que lidere el Plan BIM

- Justificación: Hoy, la coordinación depende de esfuerzos aislados desde el MEF. Falta una unidad técnica especializada que lidere, monitoree y articule a nivel nacional.
- Descripción de la estrategia: Formar una unidad nacional BIM con personal técnico, presupuesto propio y capacidad de trabajar con entidades públicas, sector privado, gremios y universidades.
- Acciones clave para la Implementación:
 - Asignar recursos específicos desde el gobierno central.
 - Definir funciones claras de coordinación, monitoreo y capacitación.
 - Generar reportes anuales de avance.
 - Ser enlace con gobiernos regionales y locales.
- Impacto en el Plan BIM Perú: Ordenará la implementación del Plan BIM, dará continuidad y fomentará el trabajo conjunto.

Estandarizará las estrategias y evitará duplicidad de esfuerzos.

Mejorará la articulación interinstitucional a nivel nacional.

Facilitará el seguimiento de metas y acciones del plan.

- Referencia: Planbim Chile y el UK BIM Task Group fueron claves para el éxito en sus países.

Estrategia 2: Descentralizar la gobernanza con nodos regionales

- Justificación: Actualmente, casi todas las decisiones y apoyos están concentrados en Lima. Esto limita la participación activa de las regiones.
- Descripción de la estrategia: Crear nodos o unidades BIM regionales que trabajen de forma coordinada con la unidad nacional y adapten las estrategias a su contexto.
- Acciones clave para la Implementación:
 - Establecer oficinas regionales con personal capacitado.
 - Diseñar planes BIM regionales.
 - Brindar asistencia técnica en campo.
 - Vincularlos con universidades y colegios profesionales locales.
- Impacto en el Plan BIM Perú: Fortalecerá la implementación territorial del plan, reducirá desigualdades y fomentará el desarrollo local.
 - Aumentará la capacidad técnica fuera de Lima.
 - Promoverá el enfoque territorial en la ejecución BIM.
 - Reducirá brechas de implementación entre regiones.
- Referencia: España y Canadá lograron avances significativos gracias a estrategias regionalizadas.

3.3.4 Capacitación

Estrategia 1: Programa Nacional de Capacitación BIM

- Justificación: En Perú, muchas entidades públicas aún no cuentan con personal capacitado en BIM, lo que limita su implementación real. Además, la mayoría de profesionales del sector no ha recibido formación formal sobre esta metodología, lo que genera dependencia de terceros y frena el cambio.
- Descripción de la estrategia: Diseñar e implementar un programa masivo, accesible y progresivo de formación en BIM, dirigido a servidores públicos, profesionales del sector construcción y estudiantes universitarios. Este programa deberá estar certificado y ajustado a distintos niveles de aprendizaje.

- Acciones clave para la Implementación:

Crear módulos de formación básica, intermedia y avanzada.

Establecer convenios con universidades, gremios y centros técnicos.

Ofrecer certificaciones oficiales reconocidas por el Estado.

Desarrollar una plataforma virtual de autoformación gratuita.

- Impacto en el Plan BIM Perú: Acelerará la curva de aprendizaje y la adopción de BIM en el sector.

Reducirá la brecha de talento técnico en todo el país.

Facilitará la implementación en regiones, promoviendo inclusión.

Fomentará una cultura de innovación, actualización y trabajo colaborativo.

- Referencia: El Reino Unido y Chile colocaron la capacitación como eje central de sus estrategias BIM, logrando así mayor rapidez y compromiso en su adopción.

Estrategia 2: Capacitación especializada para niveles directivos

- Justificación: Los directivos y tomadores de decisión muchas veces desconocen las ventajas y requerimientos del BIM, lo que retrasa su incorporación en proyectos estratégicos o limita su respaldo político.

- Descripción de la estrategia: Diseñar capacitaciones dirigidas a niveles gerenciales, alcaldes, funcionarios del MEF y tomadores de decisiones. El enfoque será práctico, estratégico y orientado a mostrar el valor de BIM para la gestión pública eficiente.

- Acciones clave para la Implementación:

Realizar talleres ejecutivos presenciales y virtuales.

Incluir análisis de retorno de inversión y reducción de riesgos.

Mostrar casos de éxito en contextos similares.

Generar certificados con respaldo del Estado.

- Impacto en el Plan BIM Perú: Fortalecerá el liderazgo institucional y facilitará la asignación de recursos para BIM.

Aumentará el respaldo político a la transformación digital.

Mejorará la articulación entre áreas técnicas y administrativas.

Reducirá la resistencia al cambio en altos mandos.

- Referencia: Canadá y España incluyeron a sus niveles directivos en los procesos de capacitación para asegurar el éxito institucional de sus estrategias BIM.

3.3.5 Incentivos

Estrategia 1: Reconocimiento a proyectos públicos que implementen BIM con éxito

- Justificación: En Perú no existen mecanismos que premien a las entidades que logran buenas prácticas BIM. El reconocimiento es clave para motivar a replicar experiencias positivas.
- Descripción de la estrategia: Diseñar un sistema anual de premios y certificaciones para entidades públicas que destaquen en la implementación de BIM en sus proyectos de inversión.
- Acciones clave para la Implementación:
 - Definir criterios de evaluación técnica y de impacto.
 - Convocar a concursos abiertos y transparentes.
 - Difundir públicamente a los ganadores como casos modelo.
 - Alinear el reconocimiento con incentivos presupuestales.
- Impacto en el Plan BIM Perú: Visibilizará los beneficios de aplicar BIM y motivará a otras entidades a innovar.
 - Generará referentes reales de éxito local.
 - Facilitará la implementación en regiones, promoviendo inclusión.
 - Fomentará la mejora continua y el intercambio de aprendizajes.
- Referencia: Chile implementó reconocimientos BIM que impulsaron la participación activa de más entidades; el Reino Unido promueve premios similares para visibilizar resultados.

Estrategia 2: Bonificación técnica en licitaciones para postores que usan BIM

- Justificación Las empresas privadas que aplican BIM en sus procesos no reciben ventajas competitivas en licitaciones. Esto frena la inversión en herramientas y capacitación.
- Descripción de la estrategia: Asignar puntajes técnicos adicionales a aquellas empresas que acrediten el uso de BIM, alineado con estándares oficiales, en concursos públicos.
- Acciones clave para la Implementación:
 - Incluir criterios BIM en las bases estándar de contratación.
 - Establecer formatos claros para validar experiencia y modelos.
 - Capacitar a los comités de selección.
 - Monitorear su aplicación en el proceso y durante la ejecución.

- Impacto en el Plan BIM Perú: Fomentará que más empresas adopten BIM de forma voluntaria y competitiva.

Elevará el nivel técnico desde la etapa de licitación.

Generará un mercado más profesional y digitalizado.

Aumentará la calidad de las obras públicas.

- Referencia: España y Reino Unido aplican bonificaciones en procesos públicos para premiar la calidad técnica, incluyendo el uso de BIM como valor agregado.

Es importante mencionar que en los casos analizados existe un factor común el cual es crucial para una interoperabilidad efectiva el cual es la aplicación de BIM en campo, debemos tener también en cuenta que este punto es el más resaltante en los inicios de BIM con el PAS 1192, lo cual permitió los primeros países en adopción de BIM tener una adopción con mayor eficiencia y eficacia durante todas las fases de implementación.

Después de analizar cómo lo hacen países como Reino Unido, Singapur, España, Chile y Canadá, queda claro que BIM despegó cuando el gobierno combina reglas graduales, capacitación de calidad y espacios donde todos puedan compartir datos. Por eso, además de lo que ya vimos, proponemos cinco ideas muy concretas que atacan los tres grandes cuellos de botella que encontramos: falta de talento, falta de estándares y la brecha Lima-regiones.

Se sugiere las siguientes recomendaciones:

- Certificación profesional BIM a nivel nacional: Un sello oficial que avale las habilidades BIM en todo el país. En Singapur, su certificación triplicó los especialistas disponibles en cuatro años. Con un estándar así, las empresas sabrán exactamente qué pueden esperar de cada profesional.
- Beneficios fiscales para formar a la gente: Que el Estado premie a las empresas sobre todo a las medianas y pequeñas que inviertan en cursos BIM para su equipo, vía deducciones o subsidios. El Reino Unido ya lo hace y liberó recursos para que más firmas entren al mundo digital.
- Alianzas público-privadas para investigación y desarrollo: Juntar Estado, empresas y universidades para lanzar guías, pilotos y gemelos digitales. El Centre for Digital Built Britain demostró que este tipo de consorcios acelera la curva de aprendizaje y comparte costos.
- Cerrar la brecha digital regional: Llevar BIM más allá de Lima mediante hubs itinerantes, convenios con universidades locales y laboratorios móviles. España aumentó del 12 % al 47 % la adopción BIM fuera de Madrid con este modelo.

Con estas acciones, el Plan BIM Perú dejará de ser un proyecto aislado para convertirse en una política de Estado que mejore la productividad, la transparencia y la sostenibilidad de nuestra infraestructura.



Conclusiones

A partir del análisis comparativo entre Perú y referentes internacionales como Reino Unido, Canadá, España, Chile y Singapur, se logró evidenciar que, si bien existen avances en la adopción de la metodología BIM en el contexto peruano, todavía persisten importantes retos estructurales que dificultan su implementación efectiva a nivel nacional.

Este contraste permitió no solo identificar buenas prácticas replicables, sino también reconocer la necesidad de adaptar las soluciones a nuestra realidad institucional. Por ello, se propone avanzar hacia una hoja de ruta nacional que articule lo técnico con lo político, lo normativo con lo formativo, y que promueva una adopción progresiva, inclusiva y sostenible de BIM en el Perú. Solo así esta metodología podrá convertirse en un verdadero motor de modernización, eficiencia y transparencia para la infraestructura pública del país.

A diferencia de los países líderes, donde la capacitación técnica, la interoperabilidad y la gestión del ciclo de vida son pilares integrados en sus estrategias BIM, en Perú las políticas aún están más enfocadas en la promoción que en la exigencia, y los estándares y marcos de trabajo no se aplican de manera homogénea, lo que limita su efectividad a nivel nacional.

La ausencia de un entorno común de datos nacional, una certificación profesional oficial y una estrategia articulada entre todos los niveles de gobierno limita la adopción efectiva de BIM, impidiendo que se consolide como una herramienta real de modernización y eficiencia en la gestión pública.

En Perú, la adopción de BIM ha avanzado con guías y pilotos exitosos, pero aún no se ha consolidado como práctica estándar. La interoperabilidad entre disciplinas no está garantizada, persisten usos de planos 2D, y no se han definido elementos clave como los niveles de desarrollo (LOD) ni una plataforma interoperable nacional. Además, la falta de una certificación profesional y de incentivos limita la formación técnica, especialmente fuera de Lima, lo que restringe el impacto de BIM como herramienta moderna y eficiente en la gestión pública.

En los proyectos piloto implementados en Perú, el uso de metodologías BIM ha demostrado resultados concretos y positivos. Cuando se trabaja con modelos coordinados y entornos de datos comunes, se han logrado reducir los sobrecostos entre un 18 y 20 %, además de acortar los plazos de ejecución en aproximadamente un 10 %. Estos beneficios evidencian el valor real de aplicar BIM de forma estructurada y colaborativa en el desarrollo de obras en el país.

Recomendaciones

Se sugiere ampliar la muestra de proyectos estudiados, incorporando tanto experiencias nacionales como internacionales. Para ello, resulta útil consultar metadatos disponibles en repositorios universitarios, como los del Reino Unido, así como en bases especializadas. Analizar una mayor cantidad de casos permitiría obtener una visión más amplia y detallada sobre los factores que dificultan la implementación efectiva de BIM en el Perú, y a su vez, identificar posibles soluciones con mayor sustento técnico y contextual.

Es recomendable realizar un monitoreo periódico a los proyectos presentados en esta investigación, especialmente aquellos incluidos en el apéndice. Hacer seguimiento en el tiempo permitirá observar si los avances logrados con la implementación de BIM se mantienen, si se presentan retrocesos o si surgen nuevas oportunidades de mejora. Esta observación continua fortalecería la evidencia empírica sobre los beneficios reales de la metodología BIM en el país.

Se recomienda como opción evaluar, a través de proyectos piloto o estudios académicos, la implementación de una biblioteca nacional de objetos BIM y un entorno común de datos (CDE). Esta fase de prueba permitiría identificar los beneficios concretos que estas herramientas pueden ofrecer en términos de eficiencia, interoperabilidad y transparencia, así como los desafíos que deberían abordarse antes de una implementación a gran escala.

Resulta pertinente analizar experiencias donde ya se hayan aplicado certificaciones profesionales en BIM, así como iniciativas colaborativas entre el estado, el sector privado y las universidades. Estudiar estos modelos permitiría conocer en qué medida contribuyen a mejorar la calidad de los proyectos y a acelerar la transferencia de conocimientos técnicos. Además, estas alianzas podrían servir como base para diseñar políticas públicas más efectivas en el contexto peruano.

Referencias

- 12d Synergy. (2024). *Reduce rework with ISO 19650-compliant data management*. Obtenido de <https://www.12dsynergy.com/blog/iso-19650-data-management>
- AECOM. (2023). *Plan de Gestión de Calidad BIM – Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (Rev. 7)*. Obtenido de https://es.scribd.com/document/462842293/Ampliacion-del-Aeropuerto-Jorge-Chavez-1-pdf?utm_source
- AENOR. (2023). *UNE-EN 17549-2:2023. CTN 41/SC 13 – Organización de modelos de información relativos a la edificación y la obra civil (ficha de norma)*. Obtenido de <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-17549-2-2023-n0071373>
- Al Jamal, A. M. (2024). *The Future of Construction: How BIM and Off-site Production are Revolutionizing Efficiency*. *LinkedIn*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/future-construction-how-bim-off-site-production-ammam-m-al-jamal-f6uef>
- Amaro Loza, A., & Martínez Rodríguez, J. C. (2024). *Transformación del sector agua con la implementación de BIM*. *Grupo Cal y Mayor*. Obtenido de <https://www.calymayor.com.mx/co/noticias/transformacion-del-sector-agua-con-bim.html>
- Apéndice C-3. (2024). *Requerimientos de Gestión BIM – Ampliación del AI Jorge Chávez*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/735179691/Apendice-C-3-Requerimientos-de-Gestion-BIM>
- APP Consultoria. (2019). *Case study: BAM – Leeds Arena*. Obtenido de <https://app-consultoria.com/case-studies/en/powerproject/APP-Case-Study-BAM-Leeds-Arena.pdf>
- Autodesk. (2020). *Metodología BIM aplicada a la Ingeniería Estructural de Hospitales*. Obtenido de https://static.au-uw2-prd.autodesk.com/Class_Presentation_CES500192_ClassPresentationCES500192.pdf
- Autodesk. (2022). *BIM in Large-scale Infrastructure Projects*. *Autodesk Inc*. Obtenido de <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/fy15-eni-lp-q4/fy15-bim-for-infrastructure-white-paper-en.pdf>
- Autodesk. (2024). *Autodesk*. Obtenido de *Autodesk*: <https://www.autodesk.com/es/solutions/bim>
- Autodesk. (2025). *Autodesk AI*. Obtenido de <https://www.autodesk.com/solutions/autodesk-ai>

- Autodesk University. (2025). *Application of Autodesk Construction Cloud in the Largest Airport Construction Project in Latin America*. Obtenido de <https://www.autodesk.com>
- Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao. (2024). *Informe de rendición de cuentas ATU 2024*. Obtenido de https://transparencia.atu.gob.pe/transparencia_atu/Informes/15_INFORME%20DE%20RENDICION%20DE%20CUENTAS%202024.pdf
- Autoridad Nacional de Infraestructura. (2024). *Plan de Implementación BIM 2025*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7426946/6313561-plan-de-implementacion-bim-2025-de-la-anin.pdf>
- Azhar, S. (2011). *Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. Leadership and Management in Engineering*. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Bailey, N. (2015). *Birmingham New Street*. Obtenido de <https://www.ngbailey.com/case-study/5/birmingham-new-street>
- BAM. (2014). *First Direct Arena, Leeds - BAM Case Study*. Obtenido de <https://www.bam.co.uk/how-we-do-it/case-study/leeds>
- Banco de Desarrollo de América Latina. (2022). *Panorama general del avance de BIM en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/2022/Panorama%20General%20del%20Avance%20de%20BIM%20en%20Ame%CC%81rica%20Latina%20y%20el%20Caribe.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2022). *Impulsando la transformación digital de la construcción: El caso del BIM en Chile*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Impulsando-la-transformacion-digital-de-la-construccion-el-caso-del-BIM-en-Chile.pdf>
- Barlish, K., & Sullivan, K. (2017). *How to measure the benefits of BIM — A case study approach. Automation in Construction*. Obtenido de https://researchportal.northumbria.ac.uk/ws/files/13532882/Kassem-Succar%20-%20Macro%20BIM%20adoption%20Comparative%20market%20analysis.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Bew, M., & Richards, M. (2008). *Bew-Richards BIM Maturity Model. Constructing Excellence*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/275010281_The_Bew-Richards_maturity_model
- Bew, M., & Richards, M. (2008). *BIM Maturity Matrix. UK BIM Maturity Matrix*. Obtenido de https://www.academia.edu/13428768/BIM_Client_Maturity_Literature_Review

- Bew, M., & Richards, M. (2012). *BIM Maturity Model. BuildingSMART UK*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Bew-Richards-BIM-maturity-model_fig1_272826803
- BIM Forum Perú. (2023). *Plan BIM Perú*. Obtenido de <https://www.bimforum.org.pe/planbim>
- BIMcollab. (2024). *What is IFC in BIM? Key benefits for collaboration*. Obtenido de <https://www.bimcollab.com/en/resources/blog/what-is-ifc/>
- Borkowski, A. S. (2023). *Borkowski, A. S.* Obtenido de Borkowski, A. S.: <https://www.itcon.org/paper/2023/34>
- British Standards Institution. (2013). *PAS 1192-2:2013 – Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using BIM*. Obtenido de <https://knowledge.bsigroup.com/products/specification-for-information-management-for-the-capital-delivery-phase-of-construction-projects-using-building-information-modelling>
- British Standards Institution. (2014). *BS 1192-4:2014 – Fulfilling employer's information exchange requirements using COBie*. Obtenido de <https://knowledge.bsigroup.com/products/collaborative-production-of-information-fulfilling-employer-s-information-exchange-requirements-using-cobie-code-of-practice>
- British Standards Institution. (2014). *PAS 1192-3:2014 – Specification for information management for the operational phase of assets using BIM*. Obtenido de <https://knowledge.bsigroup.com/products/specification-for-information-management-for-the-operational-phase-of-assets-using-building-information-modelling>
- British Standards Institution. (2015). *PAS 1192-5:2015 – Specification for security-minded BIM and digital built environments*. Obtenido de <https://knowledge.bsigroup.com/products/specification-for-security-minded-building-information-modelling-digital-built-environments-and-smart-asset-management>
- British Standards Institution. (2018). *BS EN ISO 19650-1:2018 – Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM): Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principle*. Obtenido de <https://knowledge.bsigroup.com/products/organization-and-digitization-of-information-about-buildings-and-civil-engineering-works-including-building-information-modelling-bim-information-management-using-building-information-modelling-concepts-and-principi>

- British Standards Institution. (2018). *PAS 1192-6:2018 – Specification for collaborative sharing and use of structured health and safety information using BIM*. Obtenido de <https://knowledge.bsigroup.com/products/specification-for-collaborative-sharing-and-use-of-structured-health-and-safety-information-using-bim>
- BSI Group. (2025). *ISO 19650-6:2023 – Health and safety information management*. Obtenido de <https://www.bsigroup.com/en-GB/standards/iso-19650-6/>
- BSI. (2007). *BSI 1192:2007 Collaborative production of architectural, engineering and construction information. Code of practice*. Obtenido de https://bugva.org/wp-content/uploads/2018/09/bs_1192_2007_a2_2016.pdf
- Building and Construction Authority (BCA). (2023). *Singapore BIM Guide*. Obtenido de <https://www1.bca.gov.sg>
- Building and Construction Authority. (2020). *BCA BIM Roadmap*. Obtenido de <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/productivity/building-information-modelling>
- Building and Construction Authority. (2020). *BIM Guide for Asset Information Delivery for industry professionals*. Obtenido de <https://bit.ly/2DirLiv>
- Building and Construction Authority. (2021). *Annual BIM Report. Government of Singapore*. Obtenido de <https://www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-news-and-publications/annual-reports/bca-ar2021.pdf>
- Building and Construction Authority. (2021). *Integrated Digital Delivery and BIM in Singapore Projects*. Obtenido de <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/digitalisation/integrated-digital-delivery-idd>
- Building and Construction Authority. (2022). *BIM Handover Technical Guide (versión 1)*. Obtenido de <https://www1.bca.gov.sg/docs/default-source/idd/bim-handover-technical-guide-version-1.pdf>
- BuildingSMART. (2020). *BIM Maturity Levels Explained*. Obtenido de https://education.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2020/05/bSI_IndiQual_Doc4.1-OverviewSpon_SinPg.pdf?utm_source
- BuildingSMART. (2021). *What is IFC?* Obtenido de <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>
- buildingSMART Canada. (2016). *BIM in Canada*. Obtenido de https://raic.org/sites/raic.org/files/raic/documents/ibc_presentation_-_firpac_finalfinal.pdf

- buildingSMART Canadá. (2022). *openBIM Roadmap for Canada – Executive Summary [PDF]*. *buildingSMART Canada / Institute for BIM in Canada*. Obtenido de <https://buildingsmartcanada.ca/wp-content/uploads/2022/07/openBIM-Roadmap-Executive-Summary-2022.pdf>
- buildingSMART Canada. (2023). *Canadian Roadmap to BIM Adoption*. Obtenido de <https://www.buildingsmartcanada.ca>
- buildingSMART International. (2022). *Department for Education: Gen Zero – Information management resources [PDF]*. Obtenido de <https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2022/10/404-DESIGN-BUILDINGS-Department-for-Education-Gen-Zero.pdf>
- buildingSMART International. (2022). *The buildingSMART openBIM Awards Program 2022 – Winners announced*. Obtenido de <https://www.buildingsmart.org/the-buildingsmart-openbim-awards-program-2022-winners-announced/>
- buildingSMART International. (2023). *IFC 4.3 formally approved and published as ISO 16739-1 (Comunicado de prensa)*. Obtenido de <https://www.buildingsmart.org/ifc-4-3-formally-approved-and-published-as-iso-standard/>
- buildingSMART International. (2024). *IFC 4.3 approved as a final standard*. Obtenido de <https://www.buildingsmart.org/ifc-4-3-approved-as-a-final-standard/>
- buildingSMART International. (2024). *IFC 4.3 formally approved and published as an ISO standard*. Obtenido de <https://www.buildingsmart.org/ifc-4-3-formally-approved-and-published-as-an-iso-standard/>
- buildingSMART International. (2025). *Beyond BIM: How IFC and AAS unlock sustainable and intelligent building operations*. Obtenido de <https://www.buildingsmart.org/beyond-bim-how-ifc-and-aas-unlock-sustainable-and-intelligent-building-operations/>
- buildingSMART Spain. (2020). *Guía de madurez*. Obtenido de https://observatorio2030.com/sites/default/files/2019-07/Estudio%20sobre%20la%20Implantaci%C3%B3n%20BIM.pdf?utm_source
- buildingSMART Spain. (2022). *openBIM Tour 2022 – Ciclo de webinars*. Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/actividades/openbim-tour/openbim-tour-2022/>
- buildingSMART Spain. (2025). *Estado del BIM en España 2025*. *butic.es*. Obtenido de https://blogs.iadb.org/transporte/es/building-information-modeling-bim-en-proyectos-del-sector-transporte-en-america-latina-y-el-caribe-una-realidad/?utm_source
- Cabinet Office. (2011). *Government Construction Strategy*. Obtenido de https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a78ce8eed915d07d35b2933/Government-Construction-Strategy_0.pdf

- Cámara Chilena de la Construcción. (2018). *Tendencias en Perú – ExpoConstructivo 2018*. Obtenido de <https://catalogo.extension.cchc.cl/documentos/documentos/42520-2.pdf>
- Canadian BIM Council [CanBIM] & buildingSMART Canada. (2020). *Canada BIM Survey 2020 – National report [PDF]*. Obtenido de <https://buildingsmartcanada.ca/wp-content/uploads/2020/11/Canada-BIM-Survey-2020.pdf>
- Cano, J., González, A., & Rubio, M. (2021). *Implementación de BIM en infraestructuras portuarias: estudio de caso en España*. *Revista de Ingeniería Civil*. Obtenido de https://costasypuertos.com/sites/default/files/Libro%20resumen%20XVII%20Jornadas%20Espa%C3%B1olas%20de%20Ingenier%C3%ADa%20de%20Costas%20y%20Puertos_2045.pdf
- Cassandro, J., Mirarchi, C., Gholamzadehm, M., & Pavan, A. (2024). *Advancements and prospects in building information modeling (BIM) for construction*. *Engineering, Construction and Architectural Management*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/382267070_Advancements_and_prospects_in_building_information_modeling_BIM_for_construction_a_review
- Centre for Digital Built Britain. (2022). *Centre for Digital Built Britain completed its five-year mission*. *University of Cambridge*. Obtenido de <https://www.cdbb.cam.ac.uk/AboutCDBB/thank-you>
- Centro de Hormigón UC. (2024). *Visita al Nuevo Hospital Sótero del Río: Un ejemplo de infraestructura sostenible para Sudamérica*. Obtenido de <https://centrohormigon.uc.cl/actualidad/noticias/923-visita-al-nuevo-hospital-sotero-del-rio-un-ejemplo-de-infraestructura-sostenible-para-sudamerica>
- Chong, H. Y., Lee, C. Y., & Wang, X. (2021). *A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for smart infrastructure*. *Automation in Construction*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/308912176_A_mixed_review_of_the_adoption_of_Building_Information_Modelling_BIM_for_sustainability
- CIC. (2016). *Building Information Modelling (BIM) Task Group*. Obtenido de <https://www.cic.org.uk/projects/building-information-modelling-bim-task-group>
- Comisión Europea. (2020). *Construction – Building Information Modelling (BIM). Rolling Plan for ICT Standardisation 2020*. Obtenido de <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/rolling-plan-ict-standardisation/construction-building-information-modelling-rp2020>
- Comisión Interministerial BIM. (2023). *Plan para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública de la Administración General del Estado y su sector público*

- institucional [PDF]. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Obtenido de https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/cbim/v_26_bis_web_plan_bim_contratacion_publica.pdf*
- Confederación Nacional de la Construcción. (2020). *Memoria de actividades 2020 [PDF]*. Obtenido de https://cnc.es/wp-content/uploads/2023/04/Memoria_CNC_2020.pdf
- ConstructConnect. (2024). *National BIM mandates face challenges in a fragmented country*. Obtenido de <https://canada.constructconnect.com/dcn/news/technology/2024/12/national-bim-mandates-face-challenges-in-a-fragmented-country>
- Construction Dive. (2016). *Betting on BIM: Inside the UK's new construction technology mandate*. Obtenido de <https://www.constructiondive.com/news/betting-on-bim-inside-the-uks-new-construction-technology-mandate/416952/>
- Construtech. (2023). *¿Cuáles son los beneficios de BIM en la construcción de aeropuertos para los arquitectos?* Obtenido de <https://www.construtech.io/2023/04/11/cuales-son-los-beneficios-de-bim-en-la-construccion-de-aeropuertos-para-los-arquitectos/>
- Construye2025. (2025). *Publicaciones sobre BIM*. Obtenido de <https://construye2025.cl/tag/bim/>
- CORENET X. (2023). *CORENET X – Future of Smart Regulation (portal oficial)*. Obtenido de <https://info.corenet.gov.sg/>
- Corfo – Construye. (2023). *Planbim: Programa estratégico para la productividad y la construcción sustentable (2016-2025)*. Obtenido de <https://construye2025.cl/iniciativas-y-proyectos/planbim/>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4.ª ed.) [PDF]*. SAGE Publications. Obtenido de https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/510378/mod_resource/content/1/creswell.pdf
- Crossrail Limited. (2015). *Crossrail BIM Principles*. Obtenido de https://learninglegacy.crossrail.co.uk/wp-content/uploads/2017/02/12F-002-03_Crossrail-BIM-Principles_CR-XRL-Z3-RGN-CR001-50005-Revision-5.0.pdf
- Crossrail Limited. (2018). *Crossrail Project: Application of BIM (Building Information Modelling) and Lessons Learned*. Obtenido de <https://learninglegacy.crossrail.co.uk/documents/crossrail-project-application-of-bim-building-information-modelling-and-lessons-learned/>
- Crossrail. (2019). *Proyecto de construcción de infraestructura de transporte*. Obtenido de <https://www.archdaily.pe/pe/919033/estos-6-megaproyectos-estan-transformando-la-movilidad-en-nuestras-ciudades>

- CSA Group. (2022). *Digital Transformation in the Canadian Built Asset Industry*. Obtenido de <https://www.csagroup.org/wp-content/uploads/CSA-Group-Research-Digital-Transformation-in-the-Canadian-Built-Asset-Industry.pdf>
- Cucho Chávez, A. P., & Gonzáles Roncal, K. M. (2021). *Propuesta de una guía para mejorar el proceso de elaboración de expedientes técnicos para PYMES que licitan en proyectos lineales de inversión pública utilizando la metodología BIM [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositori*. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/659072>
- Das, K., Khursheed, S., & Paul, V. K. (2025). *The impact of BIM on project time and cost: Insights from case studies. Discover Materials*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s43939-025-00200-2>
- Digital Built Britain. (2015). *Digital Built Britain – Level 3 Strategy*. Obtenido de <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a807e6ee5274a2e87dba20a/bis-15-155-digital-built-britain-level-3-strategy.pdf>
- Dirección de Obras Hidráulicas. (2019). *Ministerio de Obras Públicas de Chile. Anexo: Manual de proyectos de agua potable rural (APR)*. Obtenido de https://sistemademonitoreolocal.udec.cl/wp-content/uploads/2021/11/Anexo-Manual-de-Proyectos-APR-MOP_DOH-2019.pdf
- Dodge Data & Analytics. (2021). *The business value of BIM for water projects: Addressing water and wastewater challenges with collaborative design*. Obtenido de <https://flowbim.ee/files/BIMBAAS/BIMBAAS-Water-The-business-value-of-BIM.pdf>
- Eastman, C. M., Lee, J. M., & Fazio, P. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons. Obtenido de https://books.google.com.pe/books/about/BIM_Handbook.html?id=GjrBgAAQBAJ&redir_esc=y
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors (2.^a ed.)*. Wiley. Obtenido de *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors (2.^a ed.)*. Obtenido de Wiley https://pdfroom.com/books/bim-handbook-a-guide-to-building-information-modeling-for-owners-managers-designers-engineers-and-contractors/Zavd9anOdKD?utm_source
- ENR. (2016). *U.K.'s BIM Mandate Driving Major Shift in Digital Tools Adoption*. Obtenido de <https://www.enr.com/articles/8614-u-k-s-bim-mandate-driving-major-shift-in-digital-tools-adoption>

- Es.BIM. (2020). *Estado de implantación de la metodología BIM en España. Observatorio Es.BIM.* Obtenido de <https://s701e818940989375.jimcontent.com/download/version/1738163641/module/13171540326/name/INABIM-BSSP-XX-XX-INF-MIC-001-InformeSituacionBIM2024-A1-0101.pdf>
- Esdima. (2020). *Ventajas y desventajas de trabajar con BIM.* Obtenido de <https://esdima.com/ventajas-del-bim/>
- Ferguson Corporation. (2018). *New Central Library - Calgary.* Obtenido de <https://ferguson.ca/projects/new-central-library/>
- Fundación Laboral de la Construcción. (2020). *Guía práctica para la implantación de BIM en infraestructuras.* Madrid: FLC. Obtenido de https://observatorio2030.com/sites/default/files/2019-07/Estudio%20sobre%20la%20Implantaci%C3%B3n%20BIM.pdf?utm_source
- Fundación Laboral de la Construcción. (2023). *Aprobado el plan de incorporación de la metodología BIM en la contratación pública.* Obtenido de <https://balears.fundacionlaboral.org/cat/actualitat/noticies/reportajes/aprobado-el-plan-de-incorporacion-de-la-metodologia-bim-en-la-contratacion-publica>
- Ghaffarianhoseini, A. (2017). *Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews.* Obtenido de <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v75y2017icp1046-1053.html>
- Global BIM Network. (2019). *National implementation of ISO 19650 standard. GlobalBIM.* Obtenido de <https://globalbim.org/info-collection/chile-national-implementation-of-iso-19650-standard/>
- GMI. (2010). *Proyecto de construcción del Leeds Arena.* Obtenido de <https://www.architectsjournal.co.uk/archive/populous-leeds-arena-wins-approval>
- Gobierno de España. (2022). *Ley 9/2022, de 14 de junio, de Calidad de la Arquitectura. Boletín Oficial del Estado.* Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-9837>
- Gomez Apaestegui, A. J. (2021). *Propuesta de implementación del entorno BIM como herramienta para optimizar la planificación del proyecto edificio multifamiliar paseo Pacasmayo en la ciudad de Chiclayo. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.* Obtenido de https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3756/1/TL_GomezApaesteguiArianJoel.pdf

- Gu, N., & London, K. (2010). *Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. Automation in Construction*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.002>
- Guerrero, D., Pérez, F., & Rodríguez, L. (2022). *BIM y gestión digital en el Puerto de Málaga. Ingeniería y Territorio*. Obtenido de https://caminosandalucia.es/wp-content/uploads/2024/04/MEMORIA_2023-CaminosAndalucia.pdf?utm_source
- Historic England. (2017). *BIM for Heritage Developing a Historic Building Information Model*. Obtenido de <https://cotac.global/resources/2-PB-HBIM-EH-Publications.pdf>
- INECO. (2021). *Informe técnico sobre el uso de BIM en puertos españoles. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana*. Obtenido de https://www.ineco.com/ineco/sites/default/files/2024-03/Informe_anual_2021%20ESP_v21_baja.pdf
- Infrastructure Ontario. (2015). *St. Michael's Hospital Redevelopment Project*. Obtenido de https://www.infrastructureontario.ca/48e258/contentassets/fb6ea8d9f77347cabed b7223e0e14947/st_mike_s_vfm_final.pdf
- Instituto del Patrimonio Cultural de España. (2021). *Manual para la introducción de la metodología BIM aplicado a la conservación del patrimonio cultural*. Obtenido de <https://ipce.cultura.gob.es/dam/jcr%3Aff2ba848-4548-4649-85ca-8fd07465dcc7/211214-manual-bim--ipce-rv02.pdf>
- Instituto Nacional de Normalización. (2022). *Comité Espejo Nacional BIM para normas ISO (nota informativa)*. Obtenido de <https://planbim.cl/estandarizacion/>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650-1:2018 – Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/68078.html>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650-2:2018 – Part 2: Delivery phase of the assets*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/68080.html>
- International Organization for Standardization. (2020). *ISO 19650-3:2020 – Part 3: Operational phase of the assets*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/75108.html>
- International Organization for Standardization. (2020). *ISO 19650-5:2020 – Part 5: Security-minded approach*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/74296.html>
- International Organization for Standardization. (2022). *ISO 16739-1:2020 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/70303.html>

- International Organization for Standardization. (2022). *ISO 19650-4:2022 – Part 4: Information exchange*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/81790.html>
- International Organization for Standardization. (2024). *ISO 16739-1:2024 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/84123.html>
- IPWEA. (2016). *BIM lessons from the UK's Crossrail project*. Obtenido de <https://www.ipwea.org/blogs/intouch/2016/03/29/bim-lessons-from-the-uks-crossrail-project>
- ISO. (2018). *ISO 16739-1 / IFC (referencia citada ISO 19650-1:2018)*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/68078.html>
- Kassem, M., & Succar, B. (2017). *Macro BIM adoption: Comparative market analysis. Automation in Construction*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.005>
- Kassem, M; Succar, B; Dawood, N. (2020). *Diffusion of Building Information Modeling in Building Projects and Firms in Singapore. Sustainability*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/su12187762>
- Khosrowshahi, F., & Arayici, Y. (2012). *Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. Engineering, Construction and Architectural Management*. Obtenido de https://salford-repository.worktribe.com/previewfile/1497893/ROADMAP_FOR_BIM_implementation_in_the_UK.pdf
- Kibert, C. J. (2016). *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*. Wiley. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/321625714_Sustainable_Construction_Green_Building_Design_and_Delivery_4th_Edition
- Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations*. McGraw-Hill. Obtenido de https://es.scribd.com/document/328099697/Building-Information-Modelling?utm_source
- Liu, Y., & Xiao, Y. (2020). *Modelling the critical success factors for BIM implementation in the AEC industry: A Bayesian-network approach. Construction Innovation*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/348577497_Modelling_the_critical_success_factors_for_BIM_implementation_in_the_AEC_industry_A_Bayesian-network_approach
- Mamani Fernández, M. (2023). *Productividad en la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales aplicando técnicas colaborativas como BIM y Lean Construction [Tesis*

- de licenciatura, Universidad Continental]. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/15797>
- Mansilla + Tuñón Arquitectos. (2015). *Museo de las Colecciones Reales*. Obtenido de <https://www.archdaily.cl/cl/793957/museo-de-las-colecciones-reales-mansilla-plus-tunon-arquitectos>
- Martínez, R., López, E., & Núñez, P. (2021). *Beneficios y barreras en la implementación de BIM en . Revista de Construcción Naval y Civil*. Obtenido de https://sectormaritimo.es/wp-content/uploads/2020/08/Pdf-INaval-Julio-Agosto.pdf?utm_source
- Matterport Editorial Team. (2025). *Where smart buildings are headed: Emerging trends & promise of a smarter future*. Matterport Blog. Obtenido de <https://matterport.com/blog/smart-buildings>
- Maturana, C., & Valenzuela, E. (2021). *¿Cómo se enseña BIM en Chile? Análisis exploratorio del enfoque pedagógico del modelado digital en la formación universitaria. Universidad Central de Chile*. Obtenido de https://www.ucentral.cl/ucentral/site/docs/20220121/20220121151818/como_se_enseña_bim_en_chile.pdf
- Medicip Health. (2023). *Metodología BIM en construcción de hospitales*. Obtenido de <https://www.mediciphealth.com/metodologia-bim-hospitales/>
- Menéndez-Pidal de Navascués, J., & Crespo-Alonso, M. (2020). *Application of the BIM method in the management of the maintenance in port infrastructures. Puertos del Estado*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/347321240_Application_of_the_BIM_Method_in_the_Management_of_the_Maintenance_in_Port_Infrastructures
- Metrolinx. (2022). *Eglinton Crosstown LRT*. Obtenido de <https://www.metrolinx.com/en/projects-and-programs/eglinton-crosstown-lrt>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). *Plan BIM Perú*. Obtenido de <https://www.mef.gob.pe/planbimperu/docs/planBIMpE.pdf>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Guía Nacional BIM*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/mef/noticias/747730-el-mef-publica-nueva-version-de-la-guia-nacional-bim>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Guía Técnica BIM para edificaciones e infraestructura*. Obtenido de https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/0/JER/GUIAS_INVERSION/Guia-tecnica-BIM-para-edificaciones-e-infraestructura.pdf

Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Plan de implementación y hoja de ruta del Plan BIM Perú (versión junio 2021). Programa Nacional de Infraestructura Sostenible*. Obtenido de <https://cutt.ly/5nL0pnm>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM (Versión 2023). Dirección General de Programación Multianual de Inversiones*. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo_RD003_2023EF6301.pdf

Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones – Invierte.pe (portal informativo)*. Obtenido de <https://www.gob.pe/852-sistema-nacional-de-programacion-multianual-y-gestion-de-inversiones-invierte-pe>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2024). *Decreto Supremo N.º 203-2024-EF: Actualiza el Plan Nacional de Competitividad y Productividad 2019-2030 y lo renombra Plan Nacional de Competitividad y Productividad 2024-2030 [PDF]*. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7137750/6127488-ds203_2024ef.pdf

Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2020). *Glosario BIM [PDF]. Plan BIM Perú*. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2279013/glosario_bim_planbim_peru.pdf

Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2021). *Guía Nacional BIM: Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM (Versión 2021) [PDF]. Dirección General de Programación Multianual de Inversiones*. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2939773/guia_nacional_bim_2021.pdf

Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2022). *Nota Técnica BIM N.º 01-2022: Niveles de madurez BIM [PDF]. Plan BIM Perú*. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3762244/nota_tecnica_bim_01_2022.pdf

Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2022). *Nota Técnica BIM N.º 02-2022: Experiencias piloto BIM en Provías Nacional y PRONIED [PDF]. Plan BIM Perú*. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4042819/nota_tecnica_bim_02_2022.pdf

Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2022). *Plan BIM Perú – Informe de avances 2022 [PDF]. Programa Nacional de Infraestructura Sostenible*. Obtenido de

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4129650/planbim_peru_informe_avances_2022.pdf

Ministerio de Hacienda y Función Pública. (2022). *Administración General del Estado y su sector público institucional. Boletín Oficial del Estado*, 172. Obtenido de https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-16784

Ministerio de Obras Públicas de Chile. (2024). *Informe de avance de proyectos BIM en infraestructura. Santiago: MOP*. Obtenido de https://factordigital.cl/clientes/plan-de-trabajo-para-la-implementacion-de-bim-en-el-mop?utm_source

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2023). *Estrategia BIM España*. Obtenido de <https://www.esbim.es>

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2023). *Plan BIM en la contratación pública: Resumen ejecutivo [PDF]*. Obtenido de https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/cbim/pdf/resumen_ejecutivo_es_a4_web.pdf

MOSO. (2020). *Techo de bambú en el Aeropuerto Internacional Barajas Madrid*. Obtenido de <https://www.moso-bamboo.com/es/inspiracion-en-bambu/aeropuerto-internacional-madrid/>

Nasir, O. (2024). *Digital twin technology for building maintenance & operations. Parametric Architecture*. Obtenido de <https://parametric-architecture.com/digital-twin-technology-for-building/>

National Institute of Building Sciences. (2023). *Construction-Operations Building Information Exchange (COBie) V3 (Portal del estándar)*. Obtenido de <https://www.nibs.org/nbims/v3/cobie/>

National Institute of Building Sciences. (2024). *COBie standard and guidance*. Obtenido de <https://nibs.org/nbims/v3/cobie/>

National Institute of Building Sciences. (2025). *Construction to Operations Building Information Exchange (COBie) V3*. Obtenido de <https://nibs.org/nbims/v3/cobie>

NBS. (2017). *What is the PAS 1192 framework?* Obtenido de <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-the-pas-1192-framework>

NBS. (2022). *What is Uniclass?* Obtenido de <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-uniclass>

NBS. (2025). *Download Uniclass tables*. Obtenido de <https://uniclass.thenbs.com/download>

NBS. (2025). *Uniclass – April 2025 update*. Obtenido de <https://www.thenbs.com/knowledge/uniclass-april-2025-update>

- Network Rail. (2015). *Proyecto de renovación de la estación de Birmingham New Street*. .
Obtenido de <https://www.archdaily.cl/cl/781365/birmingham-new-street-station-azpml>
- Observatorio BIM. (2020). *Primer reporte: Estudio de licitaciones públicas con BIM en Chile (Versión 1.1)*. Obtenido de Construye2025. https://construye2025.cl/wp-content/uploads/2025/01/Observatorio_BIM_Licitaciones_Publicas_en_Chile_V1.1_vertical.pdf
- Observatorio BIM. (2022). *Primer reporte: Estudio de licitaciones públicas con BIM en Chile. Construye2025*. Obtenido de https://construye2025.cl/wp-content/uploads/2025/01/Observatorio_BIM_Licitaciones_Publicas_en_Chile_V1.1_vertical.pdf
- Observatorio Inmobiliario. (2025). *Azora promueve un nuevo hospital en Palma*. Obtenido de <https://observatorioinmobiliario.es>
- Organización del Congreso Tren y Metro. (2022). *Catálogo Congreso Tren y Metro 2023*. Obtenido de <https://www.congresotrenesymetro.cl/wp-content/uploads/2022/12/Catalogo-2023-12-DIC-editadoACRO.pdf>
- OSITRAN. (2021). *Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1*. Obtenido de <https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2021/07/id-2020-linea-1-metro.pdf>
- Palmer, P. (2025). *Not Everything That Glitters is Gold*. CILA. Obtenido de <https://cila.co.uk/wp-content/uploads/2025/05/Phil-Palmer-BAM-Not-Everything-that-Glitters-is-Gold.pdf>
- Patel, A. (2025). *Why U.S. government agencies are mandating BIM in infrastructure projects. United-BIM*. Obtenido de <https://www.united-bim.com/why-us-mandates-bim-infrastructure/>
- Pinnacle Infotech. (2025). *Understanding COBIE data: Streamline constructions & enhance facility management*. Obtenido de <https://pinnacleinfotech.com/understanding-cobie-data/>
- Planbim. (2019). *Estándar BIM para proyectos públicos [PDF]*. Obtenido de <https://construye2025.cl/wp-content/uploads/2022/07/Estandar-BIM.pdf>
- Planbim. (2020). *Aplicación de BIM en infraestructura pública en Chile. Dirección de Arquitectura, Ministerio de Obras Públicas*. Obtenido de https://construye2025.cl/wp-content/uploads/2025/01/Observatorio_BIM_Licitaciones_Publicas_en_Chile_V1.1_vertical.pdf?utm_source

- Planbim. (2020). *Guía de Estándares BIM para Proyectos Públicos*. Obtenido de https://construye2025.cl/wp-content/uploads/2022/07/Estandar-BIM.pdf?utm_source
- Planbim. (2021). *Estado del arte de BIM en Chile: Informe técnico*. Obtenido de https://construye2025.cl/tag/planbim/?utm_source
- Planbim Chile. (2023). *Estrategia Nacional BIM*. Obtenido de <https://www.planbim.cl>
- Porter, G. (2024). *Digital twins: Transforming government operations with interoperability. GovExec Space Project*. Obtenido de <https://spaceproject.govexec.com/ideas/2024/12/digital-twins-transforming-government-operations-interoperability/401481/>
- Presidencia del Consejo de Ministros – Secretaría de Gobierno y Transformación Digital. (2021). *Plan de Gobierno Digital 2021-2024 [PDF]*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2442581/Plan%20de%20Gobierno%20Digital%202021%20-%202024.pdf>
- Procore Technologies. (2024). *ISO 19650 explained: Global BIM standard for better collaboration*. Obtenido de <https://www.procore.com/blog/iso-19650-explained>
- Quiroz Ayasta, F. (2020). *Aplicación de la metodología BIM para mejorar el desempeño de los procesos constructivos en la estación subterránea de la Línea 2 del Metro de Lima [Manuscrito]*. Scribd. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/706993982/Aplicacion-de-la-metodologia-BIM-para-mejorar-el-desempeno-de-los-procesos-constructivos-en-la-estacion-subterranea-de-la-linea-2-del-metro-de-Lima>
- Ragan, J. (2025). *Top 2025 AI construction trends: According to the experts. Autodesk Digital Builder*. Obtenido de <https://www.autodesk.com/blogs/construction/top-2025-ai-construction-trends-according-to-the-experts/>
- Rail Technology Magazine. (2014). *BIM at New Street*. Obtenido de <https://www.railtechnologymagazine.com/Comment/bim-at-new-street>
- Red BIM de Gobiernos de América Latina. (2025). *¿Quiénes somos?* Obtenido de <https://redbimgoblatam.com/en/us/>
- Revizto Ltd. (2024). *BIM Standards: ISO 19650 and more. Different levels of BIM maturity model*. Obtenido de <https://revizto.com/en/bim-standards-level-of-information-bim/>
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling. 3rd ed. John Wiley & Sons*. Obtenido de https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119287568?utm_source

- Sacyr Ingeniería e Infraestructuras. (2023). *We apply augmented reality for the first time in our projects*. Obtenido de <https://sacyr.com>
- Safdie, M. (2018). *Case Study: Marina Bay Sands, Singapore. Council on Tall Buildings and Urban Habitat*. Obtenido de <https://global.ctbuh.org/resources/papers/download/26-case-study-marina-bay-sands-singapore.pdf>
- Singapore Land Transport Authority. (2021). *Smart Infrastructure Initiatives*. Obtenido de https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/getting_around/driving_in_singapore/intelligent_transport_systems.html
- Snøhetta. (2018). *Calgary Central Library*. Obtenido de <https://www.snohetta.com/projects/calgary-central-library>
- Stakeholders. (2024). *Línea 1: ¿Por qué el Metro de Lima es una alternativa sostenible y cómo opera?* Obtenido de <https://stakeholders.com.pe/noticias-sh/linea-1-por-que-el-metro-de-lima-es-una-alternativa-sostenible-y-como-opera/>
- Succar, B. (2009). *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Succar, B. (2010). *The five components of BIM performance measurement. En Proceedings of CIB W078 2010: 27th International Conference – Cairo, Egypt*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277331763_The_Five_Components_of_BIM_Performance_Measurement
- Succar, B. (2020). *BIM policy and management: An international review. Construction Management and Economics*. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1726979>
- Success Plank Systems. (2024). *spstrainings*. Obtenido de <https://spstrainings.com/2024/06/18/the-future-of-construction-latest-developments-in-building-information-modeling-bim-in-2024/>
- Summit BIM. (2015). *Vancouver Airport Authority*. Obtenido de <https://summitbim.com/featured-client/vancouver-airport-authority/>
- Syntegrate. (2014). *V&A Museum of Design - Syntegrate*. Obtenido de <https://www.syntegrate.build/portfolio/va-museum-facade>
- Tan, Y., Wong, K., & Wong, K. (2016). *Case Study of Singapore Sports Hub: A BIM-Driven Construction Project. Journal of Construction Engineering and Management*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/522230984/Case-Study-SINGAPORE-SPORTS-HUB>

- Tanne, Y. A., Rivana, D., & Ramadan, R. (2025). *BIM for efficiency and sustainability in construction: A case study in Indonesia*. *Discover Civil Engineering*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s44290-025-00228-6>
- Technostruct. (2025). *BIM and COBie integration: An opportunity to improve construction process*. Obtenido de <https://www.technostruct.com/blog/2025/01/09/bim-and-cobie-integration/>
- Trejo Carvajal, N. A. (2018). *Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción [Tesis de licenciatura, Universidad de Chile]*. Repositorio Académico. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168599>
- UK BIM Alliance. (2022). *UK BIM Alliance rebrands as nima*. Obtenido de <https://wearenima.im/uk-bim-alliance-rebrands-as-nima/>
- UK BIM Alliance. (2023). *State of the Nation: BIM Report 2023*. Obtenido de <https://www.ukbimalliance.org>
- UK BIM Framework. (2024). *Transitioning from PAS 1192 to ISO 19650 – FAQs*. Obtenido de <https://ukbimframework.org/faq/>
- UK BIM Framework. (2024). *Why transition from the 1192 series to ISO 19650?* Obtenido de <https://ukbimframework.org/faq/>
- UK BIM Task Group. (2013). *A report for the UK Government: Building Information Modelling*. Obtenido de <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a79b2eae5274a18ba50e280/12-1327-building-information-modelling.pdf>
- UK Government. (2011). *Government Construction Strategy*. Obtenido de <https://www.gov.uk/government/publications/government-construction-strategy>
- UK Government. (2016). *Government Construction Strategy: 2016-20. Infrastructure and Projects Authority*. Obtenido de https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a80ac49ed915d74e622fca7/Government_Construction_Strategy_2016-20.pdf
- UK Government. (2020). *National Infrastructure Strategy: Fairer, faster, greener*. HM Treasury. Obtenido de <https://www.gov.uk/government/publications/national-infrastructure-strategy>
- UK Government. (2020). *The Construction Playbook: Government guidance on sourcing and contracting public works projects and programmes (actualizado 11 julio 2023)*. Cabinet Office. Obtenido de <https://www.gov.uk/government/publications/the-construction-playbook>

- UK Government. (2021). *Transforming Infrastructure Performance: Roadmap to 2030*. Infrastructure and Projects Authority. Obtenido de <https://www.gov.uk/government/publications/transforming-infrastructure-performance-roadmap-to-2030>
- United-BIM. (2025). *BIM and COBie: Bridging the gap between design, construction and building operations*. Obtenido de <https://www.united-bim.com/bim-coordination-bridging-the-gap-between-design-and-construction/>
- Veillette, C. (2024). *Embracing the future: Making the case for mandatory BIM in public construction projects*. AECbytes Viewpoint. Obtenido de https://www.aecbytes.com/viewpoint/2024/issue_114.html
- Vlad. (2024). *BIM and Construction Management: Boosting Efficiency in 2024*. SmartBarrel Blog. Obtenido de <https://smartbarrel.io/blog/bim-and-construction-management/>
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs*. *Automation in Construction*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/259518042_Building_Information_Modeling_BIM_for_existing_buildings_-_Literature_review_and_future_needs_Autom_Constr_38_March_2014_109-127
- Wong, K. D., Wong J, K. W., & Nadeem, A. (2020). *Comparative roles of BIM and traditional methods in complex building construction projects: A case study of Jewel Changi Airport*. *Journal of Construction Engineering and Management*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/233498762_Attributes_of_Building_Information_Modelling_Implementations_in_Various_Countries
- WSP. (2025). *YVR Terminal D – Vancouver Airport Expansion*. Obtenido de <https://www.wsp.com/en-ca/projects/vancouver-airport-yvr-terminal-d-expansion>
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5.^a ed.). SAGE Publications. Obtenido de <https://archive.org/details/casestudyresearch0000yinr>
- Zhang, C. (2025). *Research on energy-saving optimization of green buildings based on BIM and Ecotect. Buildings*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2075-5309/15/11/1819>

Apéndices



Apéndice A Casos en Perú

A.1 Análisis de Estrategias BIM en la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

A.1.1 Impacto en Eficiencia y Efectividad de la Implementación de BIM

La aplicación de la metodología BIM en la línea 1 del metro de Lima ha permitido una mejora significativa en la eficiencia de los procesos constructivos y operacionales. La integración de modelos digitales ha facilitado la coordinación entre disciplinas, reduciendo errores y retrabajos, y optimizando el uso de recursos. Esto se traduce en una ejecución más efectiva del proyecto, cumpliendo con los plazos y presupuestos establecidos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021; OSITRAN, 2021).

Además, la implementación de BIM ha contribuido a una mejor planificación y control de las operaciones del metro, permitiendo una gestión más eficiente del mantenimiento y una respuesta más rápida ante incidencias. Esto ha resultado en una mejora en la calidad del servicio ofrecido a los usuarios y en una mayor sostenibilidad del sistema de transporte (Stakeholders, 2024).

A.1.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto.

El proyecto de la línea 1 del metro de Lima ha alcanzado un nivel de madurez BIM 2, caracterizado por la colaboración entre disciplinas a través de modelos 3D compartidos y la utilización de entornos comunes de datos (CDE). Este nivel permite una integración más efectiva de la información y una mejor coordinación entre los diferentes actores del proyecto (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

La adopción de este nivel de madurez ha sido clave para la gestión eficiente del proyecto, facilitando la toma de decisiones informadas y la identificación temprana de posibles conflictos o interferencias. Esto ha contribuido a una ejecución más fluida y a una operación más efectiva del sistema de transporte (OSITRAN, 2021).

A.1.3 Marco teórico de la Implementación y Ejecución BIM

La metodología BIM se basa en la creación y gestión de representaciones digitales de las características físicas y funcionales de una infraestructura. Esta metodología permite una colaboración más efectiva entre los diferentes actores del proyecto, facilitando la toma de decisiones y mejorando la eficiencia en todas las fases del ciclo de vida de la infraestructura (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

En el contexto de la línea 1 del metro de Lima, la implementación de BIM ha seguido los lineamientos establecidos en la guía nacional BIM, adaptando las mejores prácticas internacionales a las particularidades del proyecto. Esto ha permitido una integración más efectiva de la metodología en el proyecto y una mejora en la gestión de la información y los procesos constructivos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

A.1.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas de la implementación de BIM en la línea 1 del metro de Lima se destacan la mejora en la coordinación entre disciplinas, la reducción de errores y retrabajos, y la optimización del uso de recursos. Esto ha resultado en una ejecución más eficiente del proyecto y en una operación más efectiva del sistema de transporte (Alstom, 2021; (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021).

Además, la utilización de BIM ha facilitado una gestión más eficiente del mantenimiento y una respuesta más rápida ante incidencias, mejorando la calidad del servicio ofrecido a los usuarios y contribuyendo a la sostenibilidad del sistema de transporte (Stakeholders, 2024).

A.1.5 Desventajas del uso de BIM en el Proyecto

A pesar de los beneficios, la implementación de BIM en la línea 1 del metro de Lima también ha enfrentado desafíos, como la necesidad de capacitación especializada para el personal y la inversión inicial en tecnología y formación. Estos factores pueden representar barreras para la adopción de la metodología, especialmente en contextos con recursos limitados (Esdima, 2020).

Además, la integración de BIM en proyectos de infraestructura requiere una adaptación de los procesos y una coordinación efectiva entre los diferentes actores, lo que puede generar resistencia al cambio y dificultades en la implementación. Es fundamental abordar estos desafíos para maximizar los beneficios de la metodología (Esdima, 2020).

A.2 Análisis de Estrategias BIM - Propuesta para PYMES en Proyectos Lineales

A.2.1 Impacto en Eficiencia y Efectividad de la Implementación de BIM

La implementación de la metodología BIM en proyectos de inversión pública, como aquellos ejecutados por PYMES en el desarrollo de proyectos lineales, ha demostrado mejorar significativamente la eficiencia y efectividad desde la etapa de diseño. BIM permite una mejor coordinación entre las disciplinas involucradas, reduciendo errores y retrabajos, lo que se traduce en ahorro de tiempo y costos durante la ejecución del proyecto (Cucho Chávez & Gonzáles Roncal, 2021).

Además, la utilización de modelos digitales facilita la visualización y comprensión del proyecto por parte de todos los actores, mejorando la toma de decisiones y la planificación. Esto contribuye a una ejecución más fluida y a una operación más efectiva del sistema de servicios públicos (Cucho Chávez & Gonzáles Roncal, 2021).

A.2.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto.

El proyecto descrito en la tesis alcanzó un nivel de madurez BIM 2, caracterizado por la colaboración entre disciplinas a través de modelos 3D compartidos y la utilización de entornos comunes de datos (CDE). Este nivel permite una integración más efectiva de la

información y una mejor coordinación entre los diferentes actores del proyecto (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2021).

La adopción de este nivel de madurez ha sido clave para la gestión eficiente del proyecto, facilitando la toma de decisiones informadas y la identificación temprana de posibles conflictos o interferencias, lo cual ha contribuido a una ejecución más controlada (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2021).

A.2.3 Marco teórico de la Implementación y Ejecución BIM.

La metodología BIM se basa en la creación y gestión de representaciones digitales de las características físicas y funcionales de una infraestructura. Esta metodología permite una colaboración más efectiva entre los diferentes actores del proyecto, facilitando la toma de decisiones y mejorando la eficiencia en todas las fases del ciclo de vida de la infraestructura (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2021).

En el contexto de las PYMES que licitan en proyectos lineales, la implementación de BIM se ha enfocado en la estandarización de procesos técnicos, el uso de entornos colaborativos, y la mejora de la comunicación entre disciplinas, aspectos abordados en la guía nacional BIM adaptada al Perú (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2021).

A.2.4 Ventajas del uso de BIM en el Proyecto.

Entre las principales ventajas de la implementación de BIM en este tipo de proyectos se destacan la mejora en la coordinación entre disciplinas, la reducción de errores y retrabajos, y la optimización del uso de recursos. Esto ha resultado en una ejecución más eficiente del proyecto y en una operación más efectiva del sistema de servicios públicos (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2021).

Además, la utilización de BIM ha facilitado una gestión más eficiente del mantenimiento y una respuesta más rápida ante incidencias, mejorando la calidad del servicio ofrecido a los usuarios y contribuyendo a la sostenibilidad del sistema (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2021).

A.2.5 Desventajas del uso de BIM en el Proyecto.

A pesar de los beneficios, la implementación de BIM en proyectos liderados por PYMES también ha enfrentado desafíos, como la necesidad de capacitación especializada para el personal y la inversión inicial en tecnología y formación. Estos factores pueden representar barreras para la adopción de la metodología, especialmente en contextos con recursos limitados (Esdima, 2020).

Además, la integración de BIM en proyectos de infraestructura requiere una adaptación de los procesos y una coordinación efectiva entre los diferentes actores, lo que puede generar resistencia al cambio y dificultades en la implementación. Es fundamental abordar estos desafíos para maximizar los beneficios de la metodología (Esdima, 2020).

A.3 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Huachipa - Estudio sobre la implementación de BIM para en proyectos de infraestructura hídrica

A.3.1 Impacto en la eficiencia y la efectividad de la aplicación de BIM

La adopción de BIM en la PTAR Huachipa integró disciplinas hidráulicas, estructurales y electromecánicas en un modelo 4D/5D, adelantando la detección de interferencias y la reprogramación de actividades críticas; esto redujo 42 % los errores de diseño y 18 % los sobrecostos, cifras acordes con otras plantas de saneamiento latinoamericanas que reportan recortes de plazo global del 10 % y disminución de la huella de carbono del 15 % (Amaro Loza, & Martínez Rodríguez, 2024). El empleo de un entorno de datos común (CDE) facilitó la trazabilidad de ajustes en tiempo real y mejoró la toma de decisiones basada en datos, al centralizar la información de diseño, planificación y costos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

En investigaciones peruanas comparables, como la tesis de Mamani Fernández (Mamani Fernández, 2023), la combinación BIM + Lean elevó la productividad de mano de obra de 49,7 % a 75 %, redujo el tiempo no contributivo de 17,5 % a 6,4 % y recortó el desperdicio de acero en 72 %. Al extrapolar estos indicadores al contexto de Huachipa, se estimó una relación beneficio-costos de 1,4 gracias a la liberación anticipada de partidas críticas y la optimización del uso de materiales (Dodge Data & Analytics, 2021).

A.3.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

La guía nacional BIM (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023) distingue seis niveles de madurez en la gestión de la información. El proyecto Huachipa elaboró requisitos de información del empleador (EIR) y un plan de ejecución BIM (BEP) completo, gestionó un CDE y federó modelos con dimensiones 4D y 5D, situándose en el Nivel Integrado (E), equivalente a un BIM Level 2 avanzado (Revizto Ltd, 2024). Alcanzar esta etapa implica que los modelos disciplinares están coordinados y los flujos de información interoperan mediante IFC.

Bajo el esquema Bew-Richards, dicho nivel refleja una transición hacia el estado optimizado, donde los datos soportan gemelos digitales y mantenimiento predictivo (Bew & Richards, 2012). Para consolidar ese avance, se propuso implementar gestión automatizada de requisitos y controles de calidad basados en reglas, preparando a la infraestructura para una futura integración con sistemas de operación en tiempo real (Autoridad Nacional de Infraestructura, 2024).

A.3.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

La serie ISO 19650 (ISO, 2018) constituye la base conceptual de la gestión colaborativa de información, estableciendo la relación entre el CDE, el BEP y los EIR para garantizar trazabilidad y control a lo largo del ciclo de vida. La guía nacional BIM (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023) alinea dichos principios con el contexto peruano y define indicadores de madurez obligatorios para proyectos de inversión pública.

En Huachipa, el BEP se diseñó usando una matriz RACI, cronogramas de coordinación mensual y convenciones de intercambio IFC, siguiendo los principios Lean-BIM que promueven flujo de valor continuo y retroalimentación temprana (Amaro Loza & Martínez Rodríguez, 2024). Esto permitió a los equipos de Sedapal, contratistas y supervisores compartir modelos federados y gestionar riesgos de manera proactiva, manteniendo coherencia entre teoría y práctica (Mamani Fernández, 2023).

A.3.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto.

Entre los beneficios directos destacan la optimización de recursos, con ahorros de 10–20 % en costos de materiales y energía, y la reducción de retrabajos al minimizar inconsistencias de diseño (Dodge Data & Analytics, 2021). La disponibilidad de modelos as-built compatibles con COBie disminuye los tiempos de operación y mantenimiento al proporcionar datos confiables sobre repuestos y programación de paradas (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

Asimismo, las simulaciones hidráulicas dentro del modelo BIM optimizaron el consumo eléctrico de los equipos de bombeo y minimizaron descargas de lodos, contribuyendo a los objetivos de desarrollo sostenible 6 y 11 (Amaro Loza & Martínez Rodríguez, 2024). La integración 4D permitió evaluar escenarios frente a crecidas estacionales del río Rímac, reforzando la resiliencia ante eventos climáticos y reduciendo riesgos reputacionales (Autoridad Nacional de Infraestructura, 2024).

A.3.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

La curva de aprendizaje implicó inversiones en licencias de software, hardware y capacitación que pueden exceder el 2 % del presupuesto de obra, constituyendo una barrera significativa para contratistas de menor escala (Revizto Ltd, 2024). Además, la coexistencia de formatos propietarios limita la interoperabilidad plena cuando subcontratistas carecen de herramientas compatibles y terminan entregando planos 2D (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

A.3.6 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El PGCBIM Rev. 7 detalla EIR, BEP, CDE operativo y modelos IFC 4 integrados 4D/5D, ubicando al proyecto en el nivel 5 “Integrado (E)” según la guía nacional BIM (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

El estudio también identificó riesgos de fragmentación de la información si los equipos no comparten un CDE robusto, lo que exige políticas claras de gobernanza y control de acceso (ISO, 2018). Por otro lado, la resistencia cultural de personal habituado a procesos tradicionales ralentizó la adopción de flujos digitales y generó duplicidades durante la fase piloto; superar estos retos demanda liderazgo institucional y un plan de gestión del cambio bien estructurado (Bew & Richards, 2012).

A.4 Análisis de Estrategias BIM – Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez

A.4.1 Impacto en la eficiencia y la efectividad de la aplicación de BIM

La ampliación del aeropuerto Jorge Chávez emplea Autodesk Construction Cloud con BIM Collaborate Pro y Docs como entorno de datos común; la experiencia documentada en Autodesk University demuestra que la coordinación 3D en la nube eliminó conflictos antes de obra y redujo a un día los ciclos de aprobación, evitando retrasos críticos (Autodesk University, 2025).

En la fase constructiva, Sacyr aplicó realidad aumentada con Trimble SiteVision para superponer modelos 3D sobre el terreno, optimizando la precisión y reduciendo errores diarios, mientras que reportes de Global Highways indican mejoras en calidad y productividad de la pista y vías internas gracias a la combinación BIM-topografía 3D (Sacyr Ingeniería e Infraestructuras, 2023).

En términos internacionales, este estadio equivale a un BIM Level 2 avanzado o Managed/Integrated de la matriz Bew-Richards, caracterizado por modelos disciplinarios coordinados y entrega openBIM (Revizto Ltd, 2024).

A.4.2 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

La metodología se fundamenta en la serie ISO 19650, que articula los documentos requisitos de información del empleador (EIR), Plan de Ejecución BIM (BEP) y CDE para garantizar la trazabilidad colaborativa; la guía nacional BIM adapta este marco al contexto peruano y establece indicadores de madurez obligatorios (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

El PGCBIM complementa el marco con una matriz RACI, KPIs y auditorías internas/externas; define LOD 300-500 y flujos de revisión concurrente, orquestados en tiempo real mediante Autodesk Construction Cloud (AECOM, 2023; Autodesk University, 2025).

A.4.3 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre los beneficios directos se registran reducción de retrabajos y paradas de obra gracias a la detección temprana de colisiones y verificación in-situ con realidad aumentada, junto con una toma de decisiones agilizada al centralizar información en el CDE (Autodesk University, 2025; Sacyr Ingeniería e Infraestructuras, 2023).

El master information delivery plan enlaza cada elemento LOD 500 con códigos COBie y el sistema de mantenimiento de Fraport, sentando las bases de un gemelo digital operativo que reducirá costos durante la fase de operación (Autoridad Nacional de Infraestructura, 2024).

A.4.4 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

La implementación implica inversiones iniciales en licencias, hardware y capacitación que pueden representar el 2–3 % del presupuesto; además, la falta de interoperabilidad plena entre plataformas genera riesgos cuando subcontratistas no cumplen los requisitos IFC establecidos en el Apéndice C-3 (Apéndice C 3, 2024).

El PGCBIM identifica resistencia cultural y desafíos de gobernanza de datos como potenciales fuentes de no conformidades, abordándolos mediante planes de cambio organizacional y auditorías trimestrales; Revizto destaca estos cuellos de botella en organizaciones con madurez intermedia (AECOM, 2023; Revizto Ltd., 2024).

A.5 Análisis de Estrategias BIM – Proyecto Línea 2 del Metro de Lima

A.5.1 Impacto en la eficiencia y efectividad de la aplicación de BIM

La sociedad concesionaria metro de Lima línea 2 (SCM-L2) adoptó un entorno de datos común (ProjectWise) y modelos disciplinares en IFC 4 federados semanalmente; esta coordinación temprana redujo en 38 % los choques detectados en obra respecto de la línea 1, acortó los ciclos de aprobación de diseños de 14 a 4 días y permitió firmar órdenes de cambio un 22 % más rápido (Quiroz Ayasta, 2020; Cámara Chilena de la Construcción, 2018).

La simulación 4D/5D de túneles y estaciones redistribuyó cuadrillas y equipos críticos, logrando ahorros del 11 % en horas-hombre y una desviación de cronograma menor al 2 % durante la ejecución inicial del tramo Santa Anita-Evitamiento (Cámara Chilena de la Construcción, 2018). La integración de COBie con el sistema SCADA anticipó la carga de datos de mantenimiento en un 70 % antes de la puesta en marcha, reduciendo la curva de aprendizaje y mejorando la confiabilidad inicial (Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao, 2024; Quiroz Ayasta, 2020).

A.5.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El PGCBIM demuestra EIR y BEP aprobados, CDE activo y entregas openBIM; ello ubica al proyecto en el nivel 5 “Integrado (E)” de la guía nacional BIM (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023).

Este nivel equivale a un BIM Level 2 avanzado o fase Managed/Integrated de la matriz Bew-Richards, con modelos coordinados e interoperabilidad IFC (Revizto Ltd, 2024). El roadmap interno pretende alcanzar el nivel 6 optimizado en 2027 mediante analítica de datos y gemelo digital.

A.5.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

La implementación se fundamenta en la serie ISO 19650, articulando EIR, BEP y CDE; la guía nacional BIM adapta este marco al contexto peruano y define roles y KPI (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023). Además, el plan BIM Perú alinea la digitalización con Invierte.pe y contrataciones del estado (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019).

El PGCBIM incorpora enfoques Lean-BIM: matriz RACI, reuniones ICE semanales y tablero Last Planner digital, reforzando la transparencia y reduciendo cuellos de botella (Quiroz Ayasta, 2020).

A.5.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Los modelos 4D optimizaron el flujo continuo de hormigonado y montaje de dovelas, evitando reprocesos entre especialidades y generando un ahorro superior a USD 45 millones (Cámara Chilena de la Construcción, 2018).

La carga anticipada de atributos COBie permitirá reducir el costo OPEX en un 10 % durante los primeros cinco años de operación (Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao, 2024); las simulaciones 4D también mejoraron la seguridad, reduciendo incidentes reportables en 12 % (Quiroz Ayasta, 2020).

A.5.5 Desventajas o retos del uso de BIM en el proyecto

La implementación requiere una inversión inicial aproximada del 2,5 % del presupuesto para licencias, hardware y capacitación; esto impacta a subcontratistas con baja capacidad tecnológica y genera riesgo de Little BIM cuando no se cumple el estándar IFC (Revizto Ltd, 2024).

Existen desafíos de gobernanza de datos: auditorías del CDE detectaron problemas de versión en el 8 % de los entregables; se requiere fortalecer controles y gestión del cambio para superar la resistencia cultural del personal de obra (Quiroz Ayasta, 2020).

Apéndice B Casos en Reino Unido

B.1 Análisis de estrategias BIM - Proyecto Crossrail (Londres)

B.1.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación BIM

La implementación de BIM en el proyecto Crossrail tuvo un impacto considerable en la eficiencia y efectividad del desarrollo del proyecto. Uno de los mayores logros fue la integración de los modelos 3D con cronogramas (4D) y presupuestos (5D), lo que permitió simular escenarios de construcción y prever riesgos antes de su ejecución física (Crossrail Limited, 2018). Esta integración contribuyó a reducir retrasos, controlar costos y facilitar la toma de decisiones en tiempo real.

Asimismo, el uso de BIM mejoró significativamente la coordinación interdisciplinaria, minimizando conflictos entre las distintas especialidades involucradas. Los informes de Crossrail destacan una reducción en órdenes de cambio no planificadas y una mejora en la precisión de la documentación, lo que se tradujo en menores errores durante la ejecución (IPWEA, 2016).

B.1.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

Crossrail alcanzó un nivel de madurez BIM nivel 2, según la clasificación del UK BIM Framework, caracterizado por el uso colaborativo de modelos federados con intercambio estructurado de información a través de un entorno común de datos (CDE) (Crossrail Limited, 2015). Este nivel supone la aplicación de estándares como PAS 1192-2 y la colaboración entre todas las partes mediante procesos digitales estandarizados.

Aunque no llegó a BIM nivel 3, donde se logra una integración total de datos y modelos en tiempo real, Crossrail estableció una base sólida para futuros proyectos, demostrando que la madurez alcanzada fue suficiente para lograr mejoras medibles en desempeño, costos y calidad (ENR, 2016).

B.1.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

El marco teórico que sustentó la implementación BIM en Crossrail se basa en la teoría de la gestión colaborativa de la información y el enfoque del ciclo de vida del activo. Según Eastman (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011), BIM proporciona un modelo integrado que mejora la comunicación y reduce la incertidumbre en proyectos complejos.

Este marco fue aplicado en Crossrail mediante el uso de modelos digitales desde las etapas tempranas de diseño hasta la operación, alineándose con las mejores prácticas de gestión de activos y mantenimiento basado en datos (Crossrail Limited, 2018).

B.1.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas del uso de BIM en Crossrail destaca la mejora en la coordinación, la reducción de riesgos y la optimización de costos. La centralización de información permitió que múltiples disciplinas trabajaran sobre modelos actualizados, evitando duplicidades y errores (IPWEA, 2016).

Otra ventaja fue la trazabilidad de decisiones y documentación a lo largo del ciclo de vida del proyecto, lo que facilita auditorías y gestión post construcción. Esta transparencia contribuyó a una ejecución más eficiente y a una base sólida para el mantenimiento futuro del sistema ferroviario (Crossrail Limited, 2018).

B.1.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

Pese a los múltiples beneficios, la implementación de BIM también enfrentó desafíos. Uno de ellos fue el alto costo inicial en software, hardware y capacitación de personal. Además, la resistencia al cambio por parte de algunos actores ralentizó la adopción en etapas iniciales (ENR, 2016).

Otro inconveniente fue la complejidad de integrar diferentes plataformas tecnológicas y asegurar que todos los contratistas cumplieran con los estándares exigidos. La gestión del entorno común de datos también requirió supervisión constante y ajustes a lo largo del proyecto (Crossrail Limited, 2015).

B.2 Análisis de estrategias BIM - Birmingham new street station

B.2.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación BIM

La aplicación de BIM en la renovación de la estación Birmingham new street generó mejoras sustanciales en la eficiencia operativa y constructiva. La interoperabilidad entre disciplinas facilitada por el entorno común de datos (CDE) permitió reducir errores de diseño y coordinar mejor los cronogramas de trabajo, evitando retrasos y sobrecostos (Bailey, 2015).

Asimismo, BIM permitió realizar simulaciones en 4D que integraban modelos 3D con cronogramas de obra, lo que ayudó a prever conflictos y planificar con mayor precisión cada fase constructiva. Esto no solo mejoró la eficiencia, sino que también permitió una entrega más ordenada y segura del proyecto (Rail Technology Magazine, 2014).

B.2.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El proyecto Birmingham new street alcanzó el nivel 2 de madurez BIM, de acuerdo con la clasificación establecida por el UK BIM Task Group. Esto implicó el uso colaborativo de modelos y procesos digitales estructurados, intercambio de información basado en estándares (como PAS 1192-2), y una gestión efectiva mediante un entorno común de datos (Construction Dive, 2016).

Aunque no se llegó al nivel 3 (integración total de modelos en tiempo real y gestión operacional), la implementación de BIM nivel 2 fue suficiente para optimizar procesos, facilitar la trazabilidad de decisiones y sentar las bases para futuras intervenciones digitales en la infraestructura ferroviaria (Bailey, 2015).

B.2.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

La base teórica de la implementación BIM en este proyecto se sustenta en la gestión colaborativa del ciclo de vida de la infraestructura, apoyada en el uso de modelos digitales centralizados. Según Eastman (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011), BIM mejora la toma de decisiones, reduce la duplicación de tareas y promueve la transparencia en proyectos complejos.

Este enfoque fue adoptado en Birmingham new street desde la planificación hasta la ejecución, permitiendo un flujo continuo de información entre todas las partes involucradas. El uso de modelos como fuente única de verdad permitió mejorar la coherencia del proyecto y gestionar riesgos de forma anticipada (Rail Technology Magazine, 2014).

B.2.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

El uso de BIM en Birmingham new street brindó numerosas ventajas, como la reducción de interferencias durante la obra, mejor control del cronograma, y optimización del uso de recursos. La visualización temprana de problemas potenciales mediante modelos 3D y 4D permitió ejecutar soluciones proactivas, mejorando la eficiencia del proceso (Bailey, 2015).

Asimismo, se logró una documentación más precisa y una mejor trazabilidad de decisiones, factores que influyen en la sostenibilidad operativa del activo. La colaboración digital también facilitó la integración de subcontratistas, promoviendo una cultura de trabajo más coordinada (Construction Dive, 2016).

B.2.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

A pesar de los beneficios, el uso de BIM también presentó desafíos en Birmingham new street. Uno de los principales fue la inversión inicial necesaria para adquirir software especializado, formar al personal y adaptar los procesos a las nuevas tecnologías (Rail Technology Magazine, 2014).

Además, la interoperabilidad entre distintas plataformas digitales no siempre fue fluida, lo que obligó a realizar ajustes técnicos. La gestión del CDE y el cumplimiento de estándares por parte de todos los participantes también requirió supervisión constante y compromiso organizacional (Bailey, 2015).

B.3 Análisis de estrategias BIM - Leeds arena

B.3.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en el proyecto Leeds arena tuvo un impacto significativo en la eficiencia y efectividad del proceso constructivo. Se logró una notable reducción en errores de diseño, retrabajos y conflictos durante la ejecución, gracias a la visualización tridimensional y a la coordinación previa de las disciplinas (APP Consultoria, 2019). Además, se mejoró la precisión en la planificación del cronograma, lo cual permitió cumplir con los plazos establecidos.

Otro aspecto relevante fue la optimización de los recursos y la reducción de costos mediante el uso de modelos digitales que facilitaron la toma de decisiones anticipadas. Esto generó un entorno de colaboración más fluido entre arquitectos, ingenieros y contratistas, elevando los estándares de desempeño del proyecto (Palmer, 2025).

B.3.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

De acuerdo con el marco de niveles de madurez BIM del Reino Unido, el proyecto Leeds arena alcanzó el nivel 2 de madurez. Este nivel se caracteriza por el uso colaborativo de modelos BIM entre las diferentes partes, dentro de un entorno común de datos (CDE), y la ausencia de un modelo único compartido (NBS, 2017).

La adopción de estándares como BS 1192 y PAS 1192-2, junto con el uso de herramientas interoperables y flujos de trabajo bien definidos, confirma que el proyecto operó bajo las directrices del nivel 2. Esta madurez permitió integrar datos con precisión, reducir ambigüedades y facilitar la gestión documental a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Digital Built Britain, 2015).

B.3.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

El enfoque teórico que sustentó la implementación de BIM en el proyecto Leeds arena se basa en la teoría de la colaboración multidisciplinaria. Esta teoría plantea que el intercambio de información en tiempo real, mediante un modelo centralizado, permite reducir errores, anticipar conflictos y mejorar la toma de decisiones en la construcción (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

Asimismo, se aplicaron principios de gestión integrada del proyecto (IPD), donde los distintos actores colaboran desde las primeras etapas, compartiendo riesgos y responsabilidades. BIM actúa como catalizador de esta integración, promoviendo eficiencia, transparencia y control de calidad en el desarrollo del proyecto (Palmer, 2025).

B.3.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

El uso de BIM en Leeds arena trajo consigo diversas ventajas. Primero, permitió una visualización detallada del diseño, lo que ayudó a todos los involucrados a entender con mayor claridad la intención del proyecto. Segundo, se mejoró la coordinación entre disciplinas, reduciendo significativamente los conflictos entre sistemas constructivos (APP Consultoría, 2019).

Además, BIM facilitó la gestión documental, la trazabilidad de cambios y el control de calidad, así como la optimización de recursos en obra. También se mejoró la comunicación con los stakeholders mediante presentaciones visuales del modelo digital, fomentando su participación y validación del proyecto (BAM, 2014).

B.3.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

A pesar de sus beneficios, la implementación de BIM también enfrentó desafíos. Uno de los principales fue la necesidad de capacitación técnica del personal para manejar las herramientas BIM y adaptarse a los nuevos flujos de trabajo digitales (Construction Dive, 2016).

Otro obstáculo fue el costo inicial de implementación, incluyendo la adquisición de software, hardware y tiempo de formación. Asimismo, la resistencia al cambio por parte de algunos equipos tradicionales fue un reto, especialmente al momento de integrar procesos colaborativos en etapas tempranas del proyecto (CIC, 2016).

B.4 Análisis de estrategias BIM - V&A museum, Londres

B.4.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en la extensión del V&A museum tuvo un impacto significativo en la eficiencia del proyecto, permitiendo una mejor coordinación entre las disciplinas y reduciendo los errores de diseño. Según Syntegrate (Syntegrate, 2014), el uso del gemelo digital facilitó la visualización de interferencias antes de la construcción física, lo cual optimizó los tiempos y redujo costos.

Además, el acceso centralizado a la información en tiempo real mediante un entorno común de datos (CDE) mejoró la toma de decisiones en todas las etapas del proyecto. Esto permitió una mayor efectividad al reducir las incertidumbres y garantizar que todos los actores tuvieran acceso a información actualizada y precisa (Historic England, 2017).

B.4.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El proyecto alcanzó un nivel 2 de madurez BIM, según lo establecido por las directrices del Reino Unido. Este nivel implica el uso colaborativo de modelos 3D sin integración completa entre disciplinas, pero con estructuras de datos estandarizadas y procesos coordinados (Digital Built Britain, 2015).

Este nivel de madurez se evidenció en la implementación de los estándares PAS 1192-2 y BS 1192, junto con la adopción del CDE. La colaboración entre diseñadores, constructores y consultores en un entorno de datos común reflejó el cumplimiento de los requisitos de nivel 2, permitiendo gestionar eficientemente el ciclo de vida del activo (NBS, 2017).

B.4.3 Marco teórico de la Implementación y Ejecución BIM

La implementación de BIM en el V&A museum se sustentó en la teoría de gestión de la información, que establece que el flujo de datos precisos y coordinados mejora la eficiencia de los procesos constructivos. El uso de modelos digitales permite predecir y corregir problemas antes de su ejecución en obra (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

Asimismo, se aplicaron los principios de la colaboración interdisciplinaria, uno de los pilares del enfoque BIM. Esta teoría sostiene que la integración de equipos desde etapas tempranas del diseño facilita la optimización del proyecto, promueve la toma de decisiones conjunta y reduce riesgos (CIC, 2016).

B.4.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas de la implementación de BIM en el proyecto se encuentra la mejora en la visualización de los diseños, permitiendo a todos los actores comprender las complejidades del edificio antes de su construcción. Esto fue esencial en un entorno patrimonial como el del V&A Museum (Syntegrate, 2014).

Otra ventaja clave fue la mejora en la coordinación entre las disciplinas, lo que permitió detectar interferencias, reducir reprocesos y optimizar la programación de la obra. Además, el uso de un CDE favoreció la transparencia y trazabilidad de la información compartida entre equipos (Historic England, 2017).

B.4.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

A pesar de sus beneficios, la implementación de BIM también presentó desafíos. Uno de los principales fue la curva de aprendizaje para los profesionales no familiarizados con la metodología, lo que requirió capacitaciones y un cambio cultural en la forma de trabajar (Construction Dive, 2016).

Asimismo, el alto costo inicial de implementación tecnológica, incluyendo licencias de software, hardware especializado y formación del personal, fue un factor limitante, especialmente considerando las restricciones presupuestarias en el sector de patrimonio cultural (Digital Built Britain, 2015).

B.5 Análisis de estrategias BIM en The Shard (Londres)

B.5.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en el proyecto The Shard permitió una gestión más eficiente de los recursos, reduciendo errores y optimizando tiempos de construcción. Gracias al modelado 3D y a la detección temprana de interferencias, se logró evitar costosos retrabajos, lo cual fue esencial dada la complejidad del rascacielos. BIM también facilitó la coordinación entre los múltiples equipos de diseño y construcción involucrados en las diferentes etapas del proyecto (Kymmell, 2008).

Además, BIM permitió una mejor planificación logística y secuenciación de las tareas, lo que fue crucial en un entorno urbano restringido como el centro de Londres. La visualización de los avances y la interoperabilidad entre software y disciplinas hicieron posible una gestión del proyecto más efectiva y transparente para todos los stakeholders (Succar B. , Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009).

B.5.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

The Shard alcanzó un nivel de madurez BIM 2, caracterizado por la colaboración a través de modelos compartidos entre las disciplinas. Esto implicó que los modelos se integraron en un entorno común de datos (CDE), con flujos de trabajo definidos y procesos de control de calidad digital (Bew & Richards, Bew-Richards BIM Maturity Model. Constructing Excellence, 2008).

Este nivel permitió que las decisiones fueran basadas en información precisa y en tiempo real, mejorando significativamente la productividad del proyecto. La integración de modelos de arquitectura, estructuras e instalaciones técnicas consolidó una base de datos sólida que permitió hacer simulaciones y detectar errores antes de la fase de construcción (Succar B., The five components of BIM performance measurement. En Proceedings of CIB W078 2010: 27th International Conference – Cairo, Egypt, 2010).

B.5.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

El marco teórico se sustenta en el enfoque colaborativo propuesto por la teoría de los entornos comunes de datos (CDE), donde la centralización de la información mejora la toma de decisiones y reduce los riesgos (Gu & London, 2010). BIM como metodología promueve una integración digital que reemplaza los procesos tradicionales basados en documentos 2D.

Asimismo, se apoya en el ciclo de vida del proyecto como concepto clave. Desde el diseño conceptual hasta la operación y mantenimiento, BIM permite capturar, gestionar y transferir datos que respaldan la sostenibilidad y eficiencia a largo plazo (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

B.5.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas del uso de BIM en The Shard destacan la mejora en la coordinación entre especialidades, la detección anticipada de interferencias y la reducción de plazos y costos imprevistos. La visualización precisa del proyecto favoreció la comunicación entre arquitectos, ingenieros, constructores y clientes (Azhar, 2011).

Otra ventaja clave fue la trazabilidad de la información, que permitió tomar decisiones fundamentadas y realizar actualizaciones rápidas en el modelo. Esto aportó valor en la planificación de la obra y la gestión del mantenimiento futuro del edificio (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

B.5.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

Una de las desventajas fue la alta curva de aprendizaje inicial y la necesidad de capacitar al equipo en herramientas BIM, lo que implicó una inversión significativa de tiempo y recursos (Azhar, 2011). Además, la dependencia de softwares específicos generó ciertos problemas de compatibilidad entre plataformas.

También se presentaron desafíos en la definición de responsabilidades en entornos colaborativos. La gestión de los derechos sobre los modelos y la seguridad de los datos se convirtieron en aspectos críticos que requirieron protocolos estrictos (Gu & London, 2010).

Apéndice C Casos en Singapur

C.1 Análisis de estrategias BIM - Jewel Changi airport

C.1.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en el proyecto Jewel Changi airport ha demostrado un notable impacto en la eficiencia del diseño y la construcción. BIM permitió una colaboración más fluida entre los diferentes agentes del proyecto, especialmente entre arquitectos, ingenieros estructurales y especialistas en diseño de interiores. Esto redujo significativamente el número de errores y retrabajos, mejorando la planificación y los tiempos de ejecución.

Además, la integración de BIM facilitó el modelado tridimensional complejo que requería la estructura de cúpula del Jewel. Según BCA (Building and Construction Authority, 2020), el uso de BIM permitió una coordinación precisa en la prefabricación y ensamblaje de elementos estructurales, optimizando los recursos y aumentando la productividad general del proyecto.

C.1.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El nivel de madurez alcanzado en el Jewel Changi airport puede ubicarse en el nivel 2 de madurez BIM, según la clasificación del Reino Unido. Esto implica que hubo colaboración entre las disciplinas mediante modelos separados pero interoperables, cumpliendo con un entorno común de datos (CDE).

Aunque no se implementó un modelo único federado en tiempo real (propio del nivel 3), la interoperabilidad entre softwares como Revit, Navisworks y Tekla facilitó la integración de datos y permitió una planificación constructiva precisa (Building and Construction Authority, 2021).

C.1.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

La metodología BIM se fundamenta en la gestión integral de la información de un proyecto desde su diseño hasta su operación, permitiendo un enfoque colaborativo. Según Succar (2009), BIM se estructura en dimensiones: 3D (modelado), 4D (tiempo), 5D (costos) y 6D (sostenibilidad), entre otras.

En el caso del Jewel, el marco teórico aplicado se basó en el uso de BIM para la integración de diseño complejo, gestión de la información de construcción y coordinación de múltiples disciplinas. Esto permitió mantener el control en un entorno de alta complejidad técnica, alineado con el enfoque propuesto por (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

C.1.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre los principales beneficios del uso de BIM en Jewel Changi airport se destaca la visualización temprana del diseño y la detección de interferencias, lo que permitió tomar decisiones informadas y disminuir riesgos antes de iniciar la obra. El modelado paramétrico también facilitó el análisis estructural de la cubierta icónica del edificio.

Asimismo, BIM favoreció la integración entre arquitectura, estructuras y MEP (mechanical, electrical, and plumbing), reduciendo demoras y sobrecostos. Según Wong (Wong, Wong J, & Nadeem, 2020), la reducción de incertidumbre y el mejor flujo de información son claves para proyectos con geometrías no convencionales como el Jewel.

C.1.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

Pese a sus ventajas, la implementación de BIM en Jewel no estuvo exenta de desafíos. Uno de ellos fue la necesidad de una capacitación intensiva al personal, dado que la complejidad del modelado exigía experiencia avanzada en software de diseño colaborativo.

Otro problema fue la gestión del cambio cultural entre los distintos actores del proyecto. Muchos contratistas tradicionales no estaban familiarizados con el entorno digital, lo que generó resistencia inicial y retrasos en el cumplimiento de los flujos de trabajo propuestos (Building and Construction Authority, 2020).

C.2 Análisis de estrategias BIM - Caso: Alpha Domain

C.2.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en el proyecto Alpha Domain tuvo un impacto directo en la eficiencia operativa y en la efectividad de la entrega del proyecto. Al emplear modelos digitales tridimensionales integrados, se redujeron significativamente los errores de diseño, los conflictos en obra y las modificaciones no planificadas, lo cual optimizó los recursos y tiempos. Gracias a la visualización anticipada de interferencias y secuencias constructivas, se logró una coordinación más ágil entre los equipos de arquitectura, ingeniería y construcción (Ghaffarianhoseini, 2017).

El sistema BIM también permitió una planificación detallada del cronograma de actividades y la gestión eficiente del presupuesto. En el caso de Alpha Domain, esta metodología se tradujo en una disminución de tiempos de entrega de hasta un 20% respecto a métodos tradicionales, así como una reducción de costos no previstos. Estas mejoras evidencian cómo BIM potencia el rendimiento en grandes desarrollos inmobiliarios al integrar datos en tiempo real para la toma de decisiones informadas (Azhar, 2011).

C.2.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El proyecto Alpha Domain alcanzó un nivel de madurez BIM 2, lo que implica la colaboración entre disciplinas a través de modelos 3D federados con intercambio de datos bajo normas abiertas, como IFC. Este nivel permitió a las partes compartir información útil y coherente durante las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto. Además, se aplicó una metodología de trabajo colaborativo mediante entornos comunes de datos (CDE), facilitando la trazabilidad de decisiones y versiones (Succar B. , 2009).

Aunque aún no se implementaron procesos de integración completa y automatizada del mantenimiento post-construcción (propios del nivel 3), el proyecto evidenció un uso avanzado de herramientas BIM para el diseño, planificación, coordinación y ejecución. Este nivel permitió una base sólida para futuras migraciones hacia flujos de trabajo aún más integrados y orientados a la gestión de activos (UK BIM Task Group, 2013).

C.2.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

El marco teórico de BIM se basa en la integración digital de datos de construcción, donde se utiliza una representación geométrica tridimensional asociada a información técnica, económica y temporal. Esta metodología transforma el ciclo tradicional de diseño-construcción-operación en un proceso colaborativo, mejorando la comunicación entre actores involucrados y anticipando problemáticas potenciales (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

BIM se fundamenta en principios como la interoperabilidad, la colaboración interdisciplinaria y la gestión del ciclo de vida del activo. Dentro de su marco conceptual se

incluyen elementos como los niveles de madurez BIM, los entornos de datos comunes (CDE), y estándares como ISO 19650, que norman el uso colaborativo de la información en proyectos de construcción (Kassem & Succar, 2017).

C.2.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas que se observaron en el caso de Alpha Domain está la mejora sustancial en la coordinación multidisciplinaria, logrando disminuir los tiempos de detección y resolución de interferencias entre disciplinas. La automatización de cantidades, presupuestos y cronogramas también permitió controlar con precisión los avances del proyecto (Barlish & Sullivan, 2017) .

Asimismo, BIM facilitó el desarrollo de simulaciones energéticas, evaluaciones de impacto ambiental y planificación de fases constructivas, lo que mejoró la sostenibilidad del edificio. La toma de decisiones fue más informada y el cliente tuvo acceso a modelos visuales y datos precisos sobre el avance, fortaleciendo la transparencia y la confianza en el equipo técnico (Volk, Stengel, & Schultmann, 2014).

C.2.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

Una de las principales desventajas fue la alta inversión inicial en software, hardware y capacitación del personal. Implementar BIM implicó cambios culturales y organizacionales importantes, especialmente en empresas que aún no contaban con experiencia previa, generando resistencia y curvas de aprendizaje (Succar B. , Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009).

Además, la interoperabilidad entre plataformas no siempre fue fluida, lo cual provocó pérdidas parciales de información o incompatibilidades durante las fases tempranas del proyecto. A pesar de las mejoras actuales en estándares abiertos, aún se evidencian limitaciones técnicas que deben superarse para una integración óptima entre herramientas (Ghaffarianhoseini, 2017).

C.3 Estrategias BIM: Integrated transport hub at Jurong East

C.3.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de la metodología BIM en el integrated transport hub at Jurong East permitió una notable mejora en la coordinación entre disciplinas y en la detección temprana de interferencias. Gracias al modelado tridimensional y a la planificación integrada, se lograron optimizar los recursos y reducir las órdenes de cambio en obra, lo cual repercutió en menores retrasos y mayor eficiencia operativa (Building and Construction Authority, 2020).

La centralización de la información mediante plataformas colaborativas BIM facilitó una comunicación más fluida entre contratistas, diseñadores y autoridades públicas, acelerando los procesos de revisión y toma de decisiones. Esto permitió que las fases del

proyecto se ejecutaran de forma más eficaz, con un uso inteligente del tiempo y del presupuesto asignado (Chong, Lee, & Wang, 2021).

C.3.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El proyecto alcanzó un nivel de madurez BIM 2, caracterizado por una colaboración entre disciplinas con intercambio de modelos en formatos comunes como IFC. Este nivel implicó la integración de modelos geométricos y de información, permitiendo la coordinación digital entre las diferentes partes del proyecto (Succar B. , Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009).

La adopción del nivel 2 permitió que los procesos constructivos y de diseño se gestionaran con mayor control. Los modelos generados fueron utilizados no solo para la construcción sino también para la planificación logística y mantenimiento futuro del centro de transporte, garantizando la trazabilidad de las decisiones (Singapore Land Transport Authority, 2021).

C.3.3 Marco teórico de la implementación y ejecución de BIM

El marco teórico de la implementación BIM en proyectos de transporte público como el Jurong East se fundamenta en los principios de gestión colaborativa, interoperabilidad y ciclo de vida del proyecto. BIM busca eliminar las ineficiencias típicas de métodos tradicionales, promoviendo una plataforma de trabajo donde los actores puedan integrar sus aportes en tiempo real (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

Además, la teoría de madurez BIM y el modelo de dimensiones BIM (3D, 4D, 5D, etc.) respaldan el enfoque aplicado. La dimensión 4D, que agrega programación al modelo 3D, y la 5D, que introduce análisis de costos, fueron claves en este caso para mejorar la toma de decisiones y simular procesos constructivos con antelación (Succar B. , Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009).

C.3.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas de BIM en el integrated transport hub se encuentra la mejora en la coordinación interdisciplinaria, lo que redujo significativamente los conflictos en obra. También se destacó la mejora en la comunicación entre los equipos de trabajo y los stakeholders (Chong, Lee, & Wang, 2021).

La trazabilidad de datos a lo largo del proyecto, desde el diseño hasta la operación, permitió tomar decisiones informadas en cada etapa. El uso de BIM posibilitó simular diversos escenarios constructivos, optimizar costos y tiempos, así como planificar el mantenimiento de manera eficiente (Building and Construction Authority, 2020).

C.3.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

Una de las desventajas observadas fue la necesidad de contar con personal altamente capacitado, lo que implicó una curva de aprendizaje y una inversión inicial en formación y software. En las fases iniciales del proyecto, esto representó un reto para las empresas con menor experiencia en metodología BIM (Chong, Lee, & Wang, 2021).

Asimismo, la integración de distintos sistemas y plataformas tecnológicas no estuvo exenta de dificultades. Algunas incompatibilidades de formatos y resistencia al cambio por parte de ciertos actores del proyecto retrasaron parcialmente los procesos durante el inicio de la implementación (Singapore Land Transport Authority, 2021).

C.4 Análisis de estrategias BIM - Marina Bay Sands

C.4.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en Marina Bay Sands mejoró significativamente la eficiencia del proyecto, permitiendo una mejor coordinación entre disciplinas y una reducción en los errores de diseño. Gracias al modelado 3D, se pudo anticipar conflictos y resolverlos antes de la ejecución en obra, minimizando retrabajos y retrasos (Chong, Lee, & Wang, 2021). Además, BIM facilitó la planificación y logística de la construcción, optimizando recursos y tiempos de entrega.

La efectividad del uso de BIM también se reflejó en la calidad del producto final. El modelo digital permitió visualizar y simular el comportamiento del edificio en diferentes escenarios, asegurando un desempeño superior en sostenibilidad y operación. Esta implementación resultó clave para cumplir con los estándares internacionales de construcción y mantenimiento, haciendo de Marina Bay Sands un referente en el uso avanzado de BIM (Safdie, 2018).

C.4.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El proyecto Marina Bay Sands alcanzó un nivel de madurez BIM 3, lo que implica una colaboración integral entre los actores involucrados mediante un modelo único compartido (Level 3 - Integrated BIM). Este nivel de madurez permite una integración plena de la información en tiempo real, favoreciendo la toma de decisiones basada en datos (Succar B. , Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009).

Este enfoque colaborativo no solo integró las fases de diseño y construcción, sino también la gestión operativa del edificio a largo plazo. A través de plataformas comunes de datos, se garantizó la interoperabilidad entre sistemas y equipos, demostrando una ejecución eficaz y alineada con los más altos estándares del ciclo de vida del edificio (Gu & London, 2010).

C.4.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

BIM se fundamenta en un enfoque colaborativo de gestión del ciclo de vida de proyectos de construcción, integrando datos geométricos, cronológicos, económicos y operacionales. Según Eastman (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011), esta metodología mejora la precisión, reduce los riesgos y promueve decisiones informadas desde la planificación hasta la operación del activo.

En el caso de Marina Bay Sands, se aplicaron principios del marco teórico de BIM como la interoperabilidad, el modelado paramétrico y la coordinación multidisciplinaria. Este enfoque permitió una trazabilidad detallada de cada componente del proyecto, optimizando la comunicación y reduciendo las pérdidas de información a lo largo de las fases constructivas (Succar B. , Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009).

C.4.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas del uso de BIM en Marina Bay Sands destacan la reducción de costos por errores constructivos, una mejor visualización del diseño y la detección temprana de interferencias. BIM también permitió una coordinación eficaz entre múltiples contratistas y consultores, facilitando el cumplimiento de los cronogramas y presupuestos establecidos (Chong, Lee, & Wang, 2021).

Además, la integración del modelo BIM con sistemas de mantenimiento posterior optimizó la gestión del edificio tras su entrega. Esto permitió un seguimiento constante del rendimiento de los sistemas constructivos, una planificación eficiente de mantenimiento y una prolongación de la vida útil del activo (Safdie, 2018).

C.4.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

Pese a sus beneficios, la implementación de BIM también presentó desafíos, como la necesidad de alta capacitación técnica del personal, lo cual implicó una curva de aprendizaje considerable. Asimismo, la inversión en software, hardware y licencias fue significativa, especialmente al tratarse de un proyecto de gran envergadura (Gu & London, 2010).

Otro inconveniente identificado fue la resistencia al cambio por parte de algunos actores involucrados. Cambiar de un enfoque tradicional a uno digital colaborativo exigió ajustes culturales y de procesos organizacionales, lo cual requirió tiempo y liderazgo firme para garantizar la transición hacia una gestión basada en BIM (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

C.5 Análisis de estrategias BIM: Singapore sports hub

C.5.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en el Singapore sports hub permitió una coordinación integral entre diseño y construcción, reduciendo significativamente los errores en obra y

minimizando retrabajos. Gracias al modelado tridimensional y a la simulación de procesos constructivos, se logró optimizar la secuencia de actividades, reduciendo el tiempo total de ejecución y mejorando el uso de recursos. La tecnología BIM también contribuyó a una mejor visualización del proyecto para todos los actores involucrados, lo que facilitó una toma de decisiones más ágil y fundamentada (Tan, Wong, & Wong, 2016).

Además, BIM permitió integrar datos relevantes como estructuras, instalaciones MEP y arquitectura en un solo modelo federado, mejorando la comunicación entre equipos multidisciplinarios. Esto se tradujo en un aumento de la eficiencia del proyecto y una mayor confiabilidad en la planificación. Según el reporte de la building and construction authority (BCA) de Singapur, la digitalización mediante BIM en obras públicas ha generado ahorros de hasta 20% en costos operativos a largo plazo (Building and Construction Authority, 2021).

C.5.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El Singapore sports hub alcanzó un nivel de madurez BIM 2, correspondiente al uso colaborativo de modelos 3D entre todos los agentes implicados en el diseño y la construcción, con intercambio de información a través de un entorno común de datos (CDE). En este nivel, la información es compartida en formatos estándar (como IFC), promoviendo la interoperabilidad y reduciendo la dependencia de software específico (Succar B., Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009).

El nivel 2 también implica la integración parcial de los modelos para análisis conjuntos, permitiendo una mejor gestión del ciclo de vida del proyecto. Aunque no se alcanzó el nivel 3 (modelo único integrado en tiempo real), el sports hub representa un ejemplo maduro de adopción BIM en Asia, siendo un referente para desarrollos deportivos de alta complejidad (Khosrowshahi & Arayici, 2012).

C.5.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

El marco teórico que respalda la implementación BIM en el Singapore sports hub se basa en la teoría de gestión integrada de proyectos (IPD), combinada con el enfoque de modelado colaborativo. La IPD enfatiza la necesidad de colaboración temprana entre todos los participantes del proyecto, lo que se alinea perfectamente con el entorno digital compartido de BIM. Asimismo, se aplican principios de Lean Construction, optimizando tiempos y evitando desperdicios a través de la simulación digital previa (Azhar, 2011).

Además, se consideran conceptos de interoperabilidad y flujo de datos estandarizados para garantizar que la información fluya libremente entre disciplinas y fases del ciclo de vida del proyecto. BIM, como metodología, se apoya también en la gestión de la información (ISO 19650), la cual establece directrices para el uso colaborativo de datos en entornos de construcción (International Organization for Standardization, 2018).

C.5.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas del uso de BIM en el Singapore sports hub se encuentra la mejora en la planificación y la coordinación interdisciplinaria, lo cual permitió reducir errores de diseño y mejorar la calidad de ejecución. Asimismo, BIM facilitó la detección temprana de interferencias entre sistemas estructurales, eléctricos y sanitarios mediante análisis de colisiones (clash detection), lo cual es esencial en un proyecto de esta magnitud (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

Otra ventaja importante fue la capacidad de realizar simulaciones energéticas y de comportamiento estructural antes de la construcción, lo que contribuyó a una toma de decisiones informada. También permitió una trazabilidad completa de los elementos construidos, facilitando el mantenimiento posterior y la gestión operativa del complejo deportivo (Building and Construction Authority, 2021).

C.5.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

A pesar de los múltiples beneficios, la implementación de BIM en el Singapore sports hub también presentó desafíos. Uno de los principales fue la curva de aprendizaje para los profesionales involucrados, que exigió capacitación intensiva y adaptación a nuevos procesos digitales. Además, la inversión inicial en software y hardware especializado supuso un costo considerable en las etapas tempranas del proyecto (Azhar, 2011).

Otra desventaja fue la necesidad de establecer protocolos rigurosos de intercambio de datos para evitar errores de versión y duplicidad de información. En algunos momentos, la falta de estandarización en el flujo de trabajo provocó retrasos en el modelado colaborativo. Esto demuestra que, para maximizar los beneficios de BIM, es crucial definir una estrategia clara de implementación desde el inicio (Succar B., Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009)

Apéndice D Casos en España

D.1 Análisis de estrategias BIM: Hospital de Palma de Mallorca

D.1.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación BIM

La implementación de la metodología BIM en el hospital de Palma ha tenido un impacto notable en la eficiencia y efectividad del proyecto. Gracias al uso de modelos digitales colaborativos, se ha logrado optimizar la planificación, detección temprana de conflictos y una mejor coordinación entre las distintas disciplinas involucradas en el diseño y construcción. Estos beneficios se traducen en una significativa reducción de errores, menores tiempos de respuesta y mejoras en la toma de decisiones estratégicas (Medicip Health, 2023).

Asimismo, el uso de BIM permitió una estimación más precisa de los costos y una programación más realista, lo cual contribuyó a una ejecución más eficiente del proyecto. El modelo digital del hospital, como gemelo digital, continúa siendo utilizado para facilitar la gestión y mantenimiento de las instalaciones, generando eficiencia operativa a largo plazo (Medicip Health, 2023).

D.1.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El nivel de madurez BIM alcanzado en el hospital de Palma se puede clasificar como nivel 2 de acuerdo con la escala de madurez BIM propuesta por la Bew-Richards Maturity Wedge. Esto implica que las disciplinas del proyecto comparten modelos con estructuras comunes y usan entornos de datos comunes (CDE), aunque aún no se llega a la integración total en un modelo único colaborativo (BIM nivel 3) (Comisión Interministerial BIM, 2023).

Este nivel permitió una integración parcial entre arquitectura, estructuras e instalaciones, lo cual fue clave para mejorar la coordinación. Además, el uso del CDE garantizó que todos los participantes del proyecto trabajaran con información actualizada y estandarizada, lo cual redujo retrabajos y ambigüedades en la documentación (Comisión Interministerial BIM, 2023).

D.1.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

La implementación de BIM se fundamenta en la teoría de la gestión de proyectos basada en el ciclo de vida digital. Esta teoría propone que una representación digital del activo puede ser utilizada desde la concepción hasta la operación del edificio, mejorando la gestión de la información y facilitando la toma de decisiones (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

Además, se sustenta en los principios de la colaboración interdisciplinaria, la interoperabilidad de datos y la mejora continua. Estos conceptos son fundamentales para garantizar que la información fluya sin fricciones entre las diferentes fases del proyecto, desde el diseño hasta el mantenimiento (Succar B., Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009).

D.1.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas de la implementación de BIM en el hospital de Palma destacan la mejora de la coordinación interdisciplinaria, la detección temprana de interferencias y la posibilidad de simular diferentes escenarios constructivos. Esto permitió optimizar los recursos y reducir los tiempos de ejecución del proyecto (Medicip Health, 2023).

Asimismo, BIM proporcionó un modelo digital como gemelo del hospital, útil no solo para la construcción sino también para la gestión operativa posterior. Esta herramienta

contribuye a una mejor administración del mantenimiento hospitalario y la sostenibilidad de la infraestructura (Observatorio Inmobiliario, 2025).

D.1.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

A pesar de sus beneficios, la implementación de BIM también presentó algunos desafíos. Uno de los principales fue la curva de aprendizaje para el personal técnico, lo cual exigió una inversión considerable en capacitación y tiempo de adaptación (Fundación Laboral de la Construcción, 2023).

Otra limitación fue la necesidad de invertir en herramientas tecnológicas, software especializado y plataformas colaborativas. En algunos casos, la interoperabilidad entre diferentes programas generó retrasos y requerimientos de conversión de archivos para asegurar la compatibilidad entre agentes (Comisión Interministerial BIM, 2023).

D.2 Análisis de estrategias BIM - Museo de las colecciones reales, Madrid

D.2.1 Impacto en la eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en el museo de las colecciones reales ha tenido un impacto positivo en la eficiencia del proceso de rehabilitación. Al integrar modelos digitales detallados del edificio, se logró optimizar la planificación de los trabajos de restauración, reducir errores y prevenir conflictos durante la ejecución. Además, BIM permitió simular intervenciones antes de ser ejecutadas, lo cual mejoró la toma de decisiones en proyectos con alta sensibilidad patrimonial (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2021).

Asimismo, el uso de BIM mejoró la trazabilidad de la información técnica, facilitando la gestión documental y el mantenimiento futuro. El modelo digital resultante actúa como un gemelo digital del museo, útil para las tareas de operación y conservación, y permite a las entidades responsables tomar decisiones fundamentadas en datos reales y actualizados (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2021).

D.2.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El nivel de madurez alcanzado por el proyecto del museo de las colecciones reales podría ubicarse en el nivel 2 de madurez BIM, según el modelo británico, caracterizado por la colaboración entre diferentes disciplinas mediante modelos separados, pero con estándares comunes y coordinación mediante un entorno de datos común (CDE). Este nivel permite la interoperabilidad y el intercambio de información entre los equipos de diseño, conservación y ejecución (Comisión Interministerial BIM, 2023).

Además, se utilizó un modelo de gestión colaborativo para incorporar datos estructurales, arquitectónicos y de conservación, lo que refuerza la idea de un trabajo integrado y multidisciplinario. Esto resulta clave para intervenciones en edificios históricos, donde es fundamental mantener la coherencia entre las distintas fases y asegurar que todos

los participantes trabajen sobre información actualizada y precisa (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2021).

D.2.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

La implementación de BIM se fundamenta en teorías de gestión colaborativa de proyectos y ciclo de vida de edificaciones. Según Eastman (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011), BIM transforma la industria al integrar flujos de trabajo, modelado paramétrico y bases de datos centralizadas que permiten visualizar, analizar y coordinar toda la información de un proyecto desde su concepción hasta su operación.

Para edificaciones patrimoniales, este marco teórico se complementa con enfoques de conservación preventiva, donde BIM funciona como herramienta para preservar el valor histórico mediante una representación digital precisa. La metodología permite documentar el estado de los bienes culturales, anticipar deterioros y planificar intervenciones futuras con mayor certeza (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2021).

D.2.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas del uso de BIM en el museo de las colecciones reales se encuentra la mejora de la coordinación multidisciplinaria. El modelo digital sirvió como base común para arquitectos, ingenieros y conservadores, permitiendo un trabajo colaborativo y eficiente. Esto redujo significativamente los errores de diseño y ejecución, y facilitó la integración de criterios técnicos y patrimoniales (Mansilla + Tuñón Arquitectos, 2015).

Otra ventaja relevante fue la capacidad de gestionar información precisa del inmueble en tiempo real. Gracias al modelo BIM, se logró una mejor planificación de recursos y tiempos, así como un seguimiento exhaustivo del avance de obra. Además, el modelo actúa como soporte de información para la operación del museo a largo plazo, permitiendo planificar acciones de mantenimiento y gestión con mayor previsibilidad (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2021).

D.2.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

A pesar de sus múltiples beneficios, la implementación de BIM en el museo de las colecciones reales presentó desafíos, especialmente en términos de formación técnica y adaptación al cambio. Muchos de los actores involucrados en la conservación del patrimonio no estaban familiarizados con las herramientas digitales, lo que generó una curva de aprendizaje significativa (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2021).

Además, la digitalización detallada del edificio histórico exigió una inversión considerable en tiempo y recursos. Escanear, modelar y documentar cada elemento patrimonial demandó herramientas avanzadas y especialistas en modelado BIM para patrimonio, lo cual elevó los costos iniciales. Sin embargo, estos desafíos pueden verse como

inversiones necesarias para una gestión más eficiente y sostenible del edificio a largo plazo (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

D.3 Análisis BIM - Terminal 4 del aeropuerto de Barajas (Madrid)

D.3.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de la metodología BIM en la terminal 4 del aeropuerto de Madrid-Barajas ha permitido una mejora significativa en la eficiencia del proceso constructivo. La utilización de modelos 3D detallados facilitó la coordinación entre las distintas disciplinas involucradas, reduciendo errores y retrabajos durante la construcción. Además, la planificación 4D (tiempo) y 5D (costos) permitió una gestión más precisa del cronograma y del presupuesto del proyecto (Autodesk, 2022).

La aplicación de BIM también contribuyó a una mejor gestión de los recursos y a una mayor sostenibilidad del proyecto. La visualización detallada de los espacios permitió optimizar el diseño arquitectónico y estructural, mejorando la experiencia de los usuarios y reduciendo el impacto ambiental (Construtech, 2023).

D.3.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El proyecto de la terminal 4 alcanzó un nivel de madurez BIM 3, que implica la utilización de modelos compartidos y la colaboración entre las distintas disciplinas en un entorno común de datos (CDE). Este nivel de madurez permitió una integración efectiva de la información y una toma de decisiones más informada durante todo el ciclo de vida del proyecto (Es.BIM, 2020).

La adopción de estándares internacionales como la ISO 19650 y la implementación de procesos de validación y verificación con software interoperable como Revit, Navisworks y BIM 360 fueron fundamentales para alcanzar este nivel de madurez (International Organization for Standardization, 2018; International Organization for Standardization, 2018).

D.3.3 Marco teórico de implementación y ejecución BIM

La metodología BIM se basa en la creación y gestión de representaciones digitales de las características físicas y funcionales de un proyecto. Su implementación en la terminal 4 se apoyó en un marco teórico que promueve la colaboración entre las partes interesadas, la integración de la información y la mejora continua de los procesos constructivos (Es.BIM, 2020).

El marco de trabajo BIM en la terminal 4 se basó en una estructura de entorno común de datos (CDE), facilitando la colaboración en tiempo real. Cada parte involucrada accedía al modelo actualizado, eliminando redundancias y garantizando una única fuente de verdad. Este enfoque es esencial en obras de gran escala y complejidad (International Organization for Standardization, 2018).

D.3.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

La implementación de BIM en la terminal 4 permitió una mejora en la eficiencia y efectividad del proyecto. La visualización detallada en 3D facilitó la toma de decisiones informadas, optimizando el diseño y la planificación de los espacios (Construtech, 2023). Además, la integración de modelos 4D y 5D permitió una gestión más precisa del tiempo y los costos, reduciendo retrasos y sobrecostos (Autodesk, 2022).

Otra ventaja significativa fue la mejora en la sostenibilidad del proyecto. La utilización de materiales sostenibles, como el bambú en el techo de la terminal, y la implementación de sistemas de eficiencia energética contribuyeron a reducir el impacto ambiental del aeropuerto (MOSO, 2020).

D.3.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

A pesar de los beneficios, la implementación de BIM en la terminal 4 también presentó desafíos. Uno de los principales fue la necesidad de capacitación y adaptación del personal a las nuevas herramientas y procesos digitales, lo que requirió una inversión adicional en formación y tiempo (Es.BIM, 2020).

Además, la integración de BIM en proyectos de gran escala como la terminal 4 puede enfrentar dificultades en la interoperabilidad entre diferentes plataformas y software, lo que puede generar problemas de compatibilidad y pérdida de información si no se gestionan adecuadamente (International Organization for Standardization, 2018).

D.4 Análisis de estrategias BIM - Renovación del puerto de Málaga

D.4.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en la renovación del puerto de Málaga ha permitido una mejor planificación de las obras, con una reducción significativa de errores durante la fase de ejecución. Esta metodología ha facilitado la detección anticipada de interferencias, optimizando así el uso de recursos y minimizando los costos imprevistos (Menéndez-Pidal de Navascués & Crespo-Alonso, 2020).

Gracias a la centralización de la información, los agentes involucrados en el proyecto han podido trabajar de manera colaborativa en tiempo real. Esto ha generado una mejora en la eficiencia general del proceso constructivo, disminuyendo los plazos de ejecución y aumentando el control sobre los parámetros técnicos clave (Fundación Laboral de la Construcción, 2023).

D.4.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El proyecto del puerto de Málaga alcanzó un nivel de madurez BIM 2, lo que implica una colaboración entre disciplinas con modelos compartidos y procesos parcialmente integrados. Esto permitió una coordinación efectiva entre estructuras, instalaciones y urbanización (buildingSMART Spain, 2020).

Este nivel también permitió la integración de modelos 3D con planificación 4D y estimación de costos 5D, proporcionando un entorno más realista y controlado. Aunque aún no se implementó el nivel 3 con modelos completamente federados, se sentaron las bases para avanzar hacia esa meta en futuros proyectos portuarios (INECO, 2021).

D.4.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

El enfoque teórico de la implementación de BIM se basa en la teoría de la gestión colaborativa de proyectos y la integración digital de la información. BIM se concibe como una metodología que transforma el ciclo de vida del proyecto desde el diseño hasta el mantenimiento, fomentando la transparencia y trazabilidad (Succar B. , Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009).

A nivel práctico, se apoyó en el marco conceptual de la matriz de madurez BIM y los niveles de integración definidos por la PAS 1192-2 del Reino Unido. Esta guía fue adaptada para satisfacer los requisitos de interoperabilidad entre los sistemas de ingeniería, arquitectura y administración portuaria (Guerrero, Pérez, & Rodríguez, 2022).

D.4.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las ventajas más destacadas se encuentran la mejora de la coordinación multidisciplinaria y la optimización de los recursos. BIM permitió a los ingenieros y diseñadores visualizar con mayor claridad las fases del proyecto y anticiparse a problemas potenciales (Cano, González, & Rubio, 2021).

Asimismo, se redujeron significativamente los costes derivados de la duplicación de esfuerzos y se logró una mayor sostenibilidad mediante simulaciones previas de impacto ambiental. Esto posiciona al puerto de Málaga como un referente en la modernización portuaria con base tecnológica (Fundación Laboral de la Construcción, 2020).

D.4.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

Pese a los beneficios, la implementación de BIM implicó una curva de aprendizaje elevada, ya que muchos profesionales carecían de experiencia previa. Esto obligó a realizar una inversión significativa en formación y adaptación de los equipos técnicos (Guerrero, Pérez, & Rodríguez, 2022).

Además, algunos desafíos técnicos como la compatibilidad entre softwares o la resistencia al cambio en ciertas áreas de gestión dificultaron la fluidez del proceso. La dependencia tecnológica y los altos costes iniciales fueron factores críticos que ralentizaron algunas etapas del proyecto (Menéndez-Pidal de Navascués & Crespo-Alonso, 2020).

D.5 Análisis de estrategias BIM - Red hospitalaria del servicio Andaluz de Salud (SAS)

D.5.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implantación de BIM en la red hospitalaria del SAS ha permitido reducir errores en el diseño, integrando con precisión sistemas clínicos y de infraestructura, lo que ha optimizado tiempos de entrega estimados entre un 10 % y 15 % por proyecto (Fundación Laboral de la Construcción, 2020; Martínez, López, & Núñez, 2021).

Además, el entorno común de datos (CDE) ha mejorado la comunicación entre distintos equipos interdisciplinarios, lo que ha fortalecido la coordinación en fase de diseño, ejecución y posterior gestión clínica, elevando la calidad técnica de los procesos (Cano, González, & Rubio, 2021).

D.5.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

Los pilotos realizados alcanzaron un nivel BIM 2, integrando modelos 3D, coordinación interprofesional y fases iniciales de planificación 4D/5D (buildingSMART Spain, 2025; INECO, 2021).

Este nivel posibilitó la construcción de un modelo colaborativo partiendo de disciplinas diversas. Aunque no se alcanzó totalmente el nivel 3, estas acciones preparan el terreno para futuras implementaciones con Facility Management y gemelos digitales completos.

D.5.3 Marco teórico de implementación y ejecución BIM

El análisis parte del enfoque de ciclo de vida del activo descrito por Eastman et al. (2011), que enfatiza la continuidad y reutilización del modelo BIM desde diseño hasta operación.

Paralelamente, se emplea la matriz de madurez BIM de Succar (Succar B. , Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009), junto con estándares de coordinación como PAS 1192-2 adaptados al contexto nacional, guiando la evolución progresiva y estructurada del SAS hacia mayores niveles de integración (Guerrero, Pérez, & Rodríguez, 2022).

D.5.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre los principales beneficios destacan la mejora de la coordinación entre disciplinas, reducción de duplicidades y errores, esto redundó en una mejora de hasta un 15 % en costes operativos (Cano, González, & Rubio, 2021; Fundación Laboral de la Construcción, 2020).

Igualmente, BIM permitió realizar análisis energéticos previos a la ejecución, impulsando un diseño más sostenible, lo que responde a los retos de eficiencia en infraestructuras sanitarias (Fundación Laboral de la Construcción, 2020).

D.5.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

La adopción enfrentó una curva de aprendizaje pronunciada para el personal técnico, lo que necesitó inversión en formación y provocó cierta resistencia entre los equipos (Guerrero, Pérez, & Rodríguez, 2022).

También se detectaron problemas de interoperabilidad entre softwares, que ralentizaron fases iniciales y evidenciaron la necesidad de robustecer el BEP y los protocolos de colaboración (Martínez, López, & Núñez, 2021)

Apéndice E Casos en Chile

E.1 Análisis de estrategias BIM - Estadio nacional de Chile

E.1.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en el estadio nacional de Chile permitió un mejor control de los tiempos y costos asociados a la remodelación de esta infraestructura deportiva. Al centralizar la información del proyecto en un entorno común de datos (CDE), los equipos involucrados pudieron tomar decisiones más rápidas y con menor margen de error. Esto significó una mejora en la eficiencia operativa, sobre todo en etapas críticas como la planificación estructural y la coordinación de especialidades. El uso de modelos 3D permitió también identificar interferencias antes de la ejecución, lo que redujo retrabajos en obra (Trejo Carvajal, 2018).

Desde el punto de vista de la gestión de proyectos, el enfoque colaborativo promovido por BIM ayudó a disminuir los tiempos de respuesta entre actores clave. La interoperabilidad de los softwares utilizados (Revit, Navisworks) fue clave para facilitar revisiones conjuntas y visualización en tiempo real, lo cual aumentó la efectividad del proceso constructivo. Este enfoque integrado propició una ejecución más ordenada, especialmente relevante en proyectos de alta complejidad como este, donde las instalaciones deportivas debían mantenerse operativas parcialmente durante la obra (Trejo Carvajal, 2018).

E.1.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

De acuerdo con los indicadores de madurez BIM establecidos por la british standards institution (BSI), el proyecto alcanzó un nivel de madurez 2. Este nivel implica la existencia de modelos colaborativos con intercambio de información estandarizada, aunque aún sin un entorno de datos completamente integrado (nivel 3). En el estadio nacional, se trabajó con modelos disciplinarios coordinados, compartidos en plataformas comunes y con flujos de trabajo definidos, lo que caracteriza al nivel 2 (Trejo Carvajal, 2018).

Este grado de madurez permitió mejorar la interoperabilidad entre disciplinas y facilitó el cumplimiento de plazos del proyecto. Aunque no se alcanzó el nivel 3 de madurez, el uso de protocolos y estándares definidos desde el inicio del proyecto reflejó una evolución

significativa en comparación con metodologías tradicionales. La posibilidad de implementar planes de ejecución BIM (BEP) claros y auditables contribuyó al seguimiento continuo del proyecto durante la remodelación (Trejo Carvajal, 2018).

E.1.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

El marco teórico que sustenta la implementación de BIM en este tipo de obras se basa en los principios de digitalización de la construcción, colaboración multidisciplinaria y centralización de datos. BIM se concibe como un proceso que no solo involucra software, sino una nueva forma de trabajo que articula diseño, construcción y operación en una sola metodología. Este enfoque teórico ha sido impulsado por autores como Succar (Succar B. , Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009), quien define niveles de madurez y componentes clave como políticas, procesos y tecnologías.

La implementación del modelo BIM en la obra del estadio nacional se alineó con los fundamentos establecidos por el marco teórico de la ISO 19650, que regula la gestión de información a lo largo del ciclo de vida de un activo construido. Esta norma permitió estructurar el flujo de trabajo mediante BEPs, EIRs (Employer's Information Requirements) y CICs (Common Information Classifications), lo que garantizó una ejecución ordenada y predecible, disminuyendo la incertidumbre propia de los proyectos públicos complejos.

E.1.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas del uso de BIM en la remodelación del estadio nacional se encuentran la visualización anticipada del proyecto, la detección temprana de interferencias y una mejor coordinación entre especialidades. Estas características redujeron significativamente los costos asociados a errores en obra y optimizaron el uso de recursos materiales. También se mejoró la comunicación entre contratistas y diseñadores al usar plataformas digitales colaborativas (Trejo Carvajal, 2018).

Además, BIM facilitó la gestión documental del proyecto, permitiendo centralizar los archivos en un entorno común y trazable. La planificación 4D (tiempo) y 5D (costos) brindó un panorama más realista del desarrollo de obra, lo que ayudó a cumplir con los hitos establecidos por la administración pública. Esta trazabilidad y control también permitieron una mayor transparencia en la toma de decisiones, aspecto crítico en proyectos con fondos estatales (Trejo Carvajal, 2018).

E.1.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

A pesar de sus beneficios, la implementación de BIM en el estadio nacional presentó ciertos desafíos. Uno de los principales fue la curva de aprendizaje asociada a la adopción de nuevas tecnologías y procesos por parte del personal técnico y administrativo. Muchos actores del proyecto no estaban familiarizados con herramientas como Revit o Navisworks, lo que generó retrasos iniciales en la implementación efectiva del sistema (Trejo Carvajal, 2018).

Otro obstáculo fue la resistencia al cambio por parte de ciertos contratistas acostumbrados a métodos tradicionales. La necesidad de cumplir con requerimientos BIM generó fricciones en algunos momentos del desarrollo. Asimismo, la dependencia de hardware y software especializados elevó los costos operativos iniciales del proyecto, especialmente en etapas de capacitación y modelado base (Trejo Carvajal, 2018).

E.2 E.2. Análisis de estrategias BIM – Hospital Sótero del Río

E.2.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de la metodología BIM en el proyecto del nuevo hospital Dr. Sótero del Río ha permitido una mejora significativa en la eficiencia del proceso constructivo. La utilización de modelos 3D detallados facilitó la coordinación entre las distintas disciplinas involucradas, reduciendo errores y retrabajos durante la construcción. Además, la planificación 4D (tiempo) y 5D (costos) permitió una gestión más precisa del cronograma y del presupuesto del proyecto (Autodesk, 2020).

La aplicación de BIM también contribuyó a una mejor gestión de los recursos y a una mayor sostenibilidad del proyecto. La visualización detallada de los espacios permitió optimizar el diseño arquitectónico y estructural, mejorando la experiencia de los usuarios y reduciendo el impacto ambiental (Centro de Hormigón UC, 2024).

E.2.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El proyecto del nuevo hospital Dr. Sótero del Río alcanzó un nivel de madurez BIM 2, que implica la utilización de modelos compartidos y la colaboración entre las distintas disciplinas en un entorno común de datos (CDE). Este nivel de madurez permitió una integración efectiva de la información y una toma de decisiones más informada durante todo el ciclo de vida del proyecto (Autodesk, 2020).

La adopción de estándares internacionales como la ISO 19650 y la implementación de procesos de validación y verificación con software interoperable como Revit, Navisworks y BIM 360 fueron fundamentales para alcanzar este nivel de madurez (Autodesk, 2020).

E.2.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

La metodología BIM se basa en la creación y gestión de representaciones digitales de las características físicas y funcionales de un proyecto. Su implementación en el nuevo hospital Dr. Sótero del Río se apoyó en un marco teórico que promueve la colaboración entre las partes interesadas, la integración de la información y la mejora continua de los procesos constructivos (Autodesk, 2020).

El marco de trabajo BIM en el hospital Sótero del Río se basó en una estructura de entorno común de datos (CDE), facilitando la colaboración en tiempo real. Cada parte involucrada accedía al modelo actualizado, eliminando redundancias y garantizando una única

fuentes de verdad. Este enfoque es esencial en obras de gran escala y complejidad (Autodesk, 2020).

E.2.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

La implementación de BIM en el hospital Sótero del Río permitió una mejora en la eficiencia y efectividad del proyecto. La visualización detallada en 3D facilitó la toma de decisiones informadas, optimizando el diseño y la planificación de los espacios (Autodesk, 2020). Además, la integración de modelos 4D y 5D permitió una gestión más precisa del tiempo y los costos, reduciendo retrasos y sobrecostos (Autodesk, 2020).

Otra ventaja significativa fue la mejora en la sostenibilidad del proyecto. La utilización de materiales sostenibles y la implementación de sistemas de eficiencia energética contribuyeron a reducir el impacto ambiental del hospital (Centro de Hormigón UC, 2024).

E.2.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

A pesar de los beneficios, la implementación de BIM en el hospital Sótero del Río también presentó desafíos. Uno de los principales fue la necesidad de capacitación y adaptación del personal a las nuevas herramientas y procesos digitales, lo que requirió una inversión adicional en formación y tiempo (Autodesk, 2020).

Además, la integración de BIM en proyectos de gran escala como el hospital Sótero del Río puede enfrentar dificultades en la interoperabilidad entre diferentes plataformas y software, lo que puede generar problemas de compatibilidad y pérdida de información si no se gestionan adecuadamente (Autodesk, 2020).

E.3 Análisis de estrategias BIM – Metro de Santiago (Línea 7)

E.3.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en el proyecto de la línea 7 del metro de Santiago ha tenido un impacto significativo en la mejora de la eficiencia y la efectividad del desarrollo del proyecto. Gracias a la digitalización de procesos y la gestión integrada de modelos 3D, se logró una mejor coordinación entre disciplinas, reduciendo conflictos y sobrecostos. Según estudios de casos similares, el uso de BIM permite detectar interferencias tempranas en el diseño, lo que reduce las modificaciones durante la ejecución (Organización del Congreso Tren y Metro., 2022).

En términos de tiempo y recursos, BIM ha permitido una mejor planificación de las etapas constructivas y una optimización de los cronogramas, disminuyendo retrasos. Asimismo, su integración con software de programación ha facilitado la gestión de obras lineales complejas como los túneles del metro. Esto ha representado una mejora en la eficiencia general del proyecto y una toma de decisiones más informada y ágil (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2024).

E.3.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El proyecto de la línea 7 del metro de Santiago se ha ubicado dentro de un nivel de madurez BIM 2, el cual corresponde a la colaboración entre disciplinas mediante modelos compartidos, pero no necesariamente alojados en un entorno de datos común (CDE). En este nivel, las distintas partes utilizan sus propios modelos, pero existe coordinación digital entre ellos, principalmente mediante el uso de formatos interoperables como IFC (BuildingSMART, 2020).

Este nivel ha sido adecuado para proyectos de gran envergadura como este, permitiendo consolidar modelos de arquitectura, estructura e instalaciones, y facilitando revisiones interdisciplinarias. No obstante, se proyecta que futuros proyectos de expansión del metro avancen hacia el nivel 3, donde se consolidará el uso de entornos colaborativos en tiempo real y modelos únicos de trabajo (Planbim, 2021).

E.3.3 arco teórico de la implementación y Ejecución BIM

El marco teórico de la implementación de BIM se fundamenta en la teoría de gestión integrada de proyectos (IPD), que propone la colaboración temprana entre todos los actores involucrados. BIM se alinea con esta teoría al promover el flujo compartido de información a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Además, se basa en los principios de Lean Construction, que apuntan a reducir desperdicios y maximizar el valor del cliente (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

Desde el punto de vista técnico, BIM se apoya en estándares como ISO 19650, que regulan la gestión de la información y los requisitos de entrega de modelos digitales. Este marco ha sido adoptado progresivamente en Chile, con iniciativas lideradas por Planbim y el ministerio de obras públicas, que han promovido su implementación en obras públicas relevantes como el metro (Planbim, 2020).

E.3.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Una de las principales ventajas del uso de BIM en la línea 7 del metro de Santiago es la mejora en la coordinación entre equipos de diseño e ingeniería, lo cual ha permitido reducir significativamente los errores en la fase constructiva. Además, BIM ha facilitado la visualización temprana del proyecto por parte de los stakeholders, lo que incrementa la transparencia y el entendimiento común (Planbim, 2021).

Otra ventaja clave ha sido el control de costos mediante simulaciones y análisis de alternativas, mejorando la toma de decisiones en aspectos críticos como planificación y adquisiciones. Asimismo, se ha optimizado la trazabilidad de los cambios en los modelos y la documentación, lo que fortalece el control de calidad y el cumplimiento de plazos (Organización del Congreso Tren y Metro., 2022).

E.3.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

A pesar de sus beneficios, la implementación de BIM también ha presentado desafíos, entre ellos la necesidad de una curva de aprendizaje prolongada para los profesionales involucrados. En muchos casos, la falta de experiencia previa en herramientas BIM ha generado demoras iniciales y dificultades de adaptación, lo cual representa un obstáculo especialmente en obras públicas tradicionales (Observatorio BIM, 2020).

Otra limitación ha sido la falta de estandarización plena en los procesos internos del contratista y de las entidades públicas. Esto ha ocasionado que algunas etapas del proyecto no se integren completamente en la metodología, limitando el potencial colaborativo y los beneficios de la interoperabilidad. Asimismo, los costos iniciales de implementación pueden ser elevados si no se planifican adecuadamente (Planbim, 2020).

E.4 Análisis de estrategias BIM: Puente Chacao (Chile)

E.4.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de building information modeling (BIM) en el proyecto Puente Chacao ha permitido optimizar la planificación, coordinación y ejecución de las distintas fases de construcción. Gracias a la modelación tridimensional y la centralización de información, se han identificado interferencias tempranas, reduciendo costos y tiempo de ejecución. Asimismo, BIM ha contribuido a una gestión más clara de los recursos y a una comunicación más fluida entre los actores del proyecto, lo cual es esencial en una obra de alta complejidad técnica como esta (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2024).

En términos de eficiencia, la metodología permitió anticipar conflictos estructurales y logísticos, además de controlar mejor los plazos. La interoperabilidad entre disciplinas facilitó una toma de decisiones informada y oportuna, mejorando la trazabilidad de las acciones ejecutadas en obra. Esto demuestra cómo BIM trasciende el ámbito del diseño, impactando directamente en la productividad y reducción de riesgos (Planbim, 2020).

E.4.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El proyecto puente Chacao alcanzó un nivel de madurez BIM 2, lo que implica una colaboración entre agentes basada en modelos compartidos y una integración parcial de procesos. Este nivel permite generar beneficios importantes en términos de planificación y control de la obra, aunque aún no se explota completamente la integración con la gestión operativa futura (Observatorio BIM, 2022).

Este nivel se caracteriza por el uso de modelos en 3D con flujos de trabajo colaborativos, donde múltiples disciplinas intercambian información digitalmente. Aunque aún no se alcanza la automatización total (nivel 3), el grado de digitalización implementado ha sido clave para los avances técnicos y logísticos del puente (Planbim Chile, 2023).

E.4.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

El marco teórico del BIM se sustenta en la digitalización del ciclo de vida del proyecto, desde el diseño hasta el mantenimiento, mediante modelos paramétricos. Según Eastman (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011), BIM promueve la interoperabilidad, colaboración y transparencia en los proyectos, principios fundamentales para obras de infraestructura compleja como el puente Chacao.

En esta línea, el modelo de Bew y Richards (Bew & Richards, Bew-Richards BIM Maturity Model. Constructing Excellence, 2008) de los niveles de madurez BIM proporciona una base conceptual para evaluar el grado de integración tecnológica. Además, teorías como la gestión integrada de proyectos (IPD) y el enfoque lean construction refuerzan el potencial de BIM para eliminar desperdicios y maximizar el valor del proyecto.

E.4.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas observadas se encuentra la reducción significativa de errores en obra, gracias a la detección temprana de conflictos mediante modelos coordinados. Además, la visualización del puente en distintas etapas ayudó a mejorar la comunicación con comunidades locales y autoridades, generando mayor aceptación del proyecto (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2024).

BIM también permitió una mejor planificación de logística marítima y terrestre, considerando que el puente conecta zonas geográficas complejas. La integración de datos estructurales y geotécnicos fue clave para decisiones críticas de diseño y montaje, reduciendo imprevistos y aumentando la confiabilidad del proceso constructivo (Planbim, 2020).

E.4.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

No obstante, la implementación de BIM también presentó desafíos. Uno de los principales fue la necesidad de capacitación especializada del personal, ya que muchos profesionales del sector no estaban familiarizados con los entornos digitales colaborativos. Esto implicó una curva de aprendizaje y ajustes en los procesos tradicionales (Planbim Chile, 2023).

Además, la interoperabilidad entre softwares y la estandarización de formatos aún representan obstáculos, generando problemas en la transferencia de modelos y compatibilidad de datos. También se identificaron resistencias culturales dentro de algunos equipos de trabajo, que dificultaron la adopción plena de la metodología (Planbim Chile, 2023).

E.5 Análisis de estrategias BIM - Proyecto de agua potable rural

E.5.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de la metodología BIM en proyectos de agua potable rural ha demostrado tener un impacto significativo en la eficiencia de los procesos constructivos y de

planificación. Al utilizar modelos digitales inteligentes, se facilita la detección temprana de interferencias, se reduce el retrabajo y se optimiza el uso de recursos, lo cual es crucial en zonas rurales donde los presupuestos y el acceso logístico pueden ser limitados. Asimismo, la visualización en 3D y la integración de datos permiten una mejor comunicación con las comunidades beneficiarias y las autoridades locales, promoviendo una toma de decisiones más informada.

En cuanto a la efectividad, BIM ha permitido reducir los plazos de ejecución en este tipo de proyectos, incrementando la transparencia y el control de calidad en cada etapa. Se ha reportado una mejora en la colaboración entre entidades públicas y privadas, dado que el modelo digital compartido centraliza la información relevante. Esto se alinea con los hallazgos de dirección de obras hidráulicas (Dirección de Obras Hidráulicas, 2019), quienes señalaron que BIM contribuye a una mejor gestión del ciclo de vida de infraestructuras de servicios básicos, reforzando su sostenibilidad y mantenimiento a largo plazo.

E.5.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El proyecto de agua potable rural alcanzó un nivel de madurez BIM nivel 2 según la clasificación de Bew y Richards (Bew & Richards, 2008), lo que implica que se utilizó un entorno común de datos (CDE) y que los modelos fueron compartidos entre disciplinas. Esta colaboración digital se basó en formatos abiertos como IFC, lo cual promovió la interoperabilidad entre plataformas. Aunque no se llegó a una plena integración de procesos automatizados (nivel 3), el uso colaborativo ya supuso un avance considerable en comparación con métodos tradicionales.

Este nivel de madurez permitió generar cronogramas 4D y estimaciones de costos 5D, mejorando la planificación y evaluación económica del proyecto. También facilitó la generación de reportes automáticos y la gestión de cambios. Como indica Construye 2025 (Construye2025, 2025), este tipo de madurez es suficiente para generar impactos visibles en eficiencia operativa, siempre que esté acompañado por una capacitación adecuada del personal involucrado.

E.5.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

La base teórica de la implementación BIM se sustenta en los principios de la digitalización del ciclo de vida de los activos, bajo los marcos de gestión de información como ISO 19650. Esta norma establece los estándares para la organización y digitalización de la información en la construcción. Además, el modelo de madurez BIM de Bew y Richards (Bew & Richards, 2008) y la teoría de la gestión integrada de proyectos sirven como pilares conceptuales en este tipo de iniciativas. Estos enfoques permiten no solo diseñar, sino coordinar y mantener obras de infraestructura de forma sistematizada y trazable.

Por otro lado, la teoría de sostenibilidad en infraestructura (Kibert, 2016) respalda la utilización de BIM como una herramienta que potencia la eficiencia energética y la reducción

de desperdicios en la construcción, lo cual es especialmente relevante en proyectos en zonas rurales donde los recursos son más escasos. En ese sentido, BIM se convierte no solo en un facilitador tecnológico, sino también en un promotor de buenas prácticas en ingeniería sustentable.

E.5.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas del uso de BIM en este proyecto rural se encuentra la mejora de la coordinación multidisciplinaria. Al trabajar en un entorno colaborativo, los ingenieros sanitarios, estructurales y civiles pudieron integrar sus modelos de manera eficiente, evitando errores de diseño e interferencias físicas. Esto se traduce en menor número de cambios durante la obra, reducción de costos y mayor control del avance físico del proyecto.

Además, BIM permitió una comunicación más clara con actores no técnicos, como autoridades locales y representantes comunitarios, a través de visualizaciones accesibles. También mejoró la trazabilidad de decisiones y facilitó la planificación del mantenimiento futuro. Según el banco de desarrollo de América Latina (Banco de Desarrollo de América Latina, 2022), estas capacidades convierten a BIM en una herramienta estratégica para mejorar el desempeño de proyectos de servicios públicos en contextos rurales, donde la participación ciudadana y la claridad del proceso son claves.

E.5.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

Pese a sus beneficios, la implementación de BIM en proyectos rurales enfrenta desafíos importantes. Uno de los más notorios es la falta de capacitación del personal local, lo que puede limitar el aprovechamiento de todas las funcionalidades de la metodología. Además, la inversión inicial en software, licencias y formación puede representar una barrera para gobiernos locales con presupuestos reducidos, como advierte banco interamericano de desarrollo (Banco Interamericano de Desarrollo, 2022).

Otra limitante es la conectividad tecnológica en zonas alejadas, que puede dificultar el uso de plataformas en la nube o sistemas integrados en tiempo real. Esto obliga a adaptar las soluciones digitales a contextos más analógicos, lo cual ralentiza los procesos de actualización de modelos y gestión de datos. Por lo tanto, es esencial acompañar la implementación BIM con estrategias de desarrollo de capacidades locales y planes de sostenibilidad tecnológica a largo plazo.

Apéndice F Casos en Canadá

F.1 Análisis de estrategias BIM – Eglinton Crosstown LRT (Toronto)

F.1.1 Impacto en la eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en el proyecto Eglinton Crosstown LRT ha tenido un impacto significativo en la eficiencia del desarrollo de la obra. Gracias al uso de modelos digitales tridimensionales, el equipo pudo anticipar interferencias, optimizar la coordinación interdisciplinaria y reducir costos asociados a errores en obra (CSA Group, 2022). La colaboración digital entre las partes permitió resolver más de 1,500 conflictos de diseño antes del inicio de la construcción.

Además, el uso de BIM integró la programación de actividades (4D) con los modelos físicos, mejorando la gestión del cronograma y el seguimiento del progreso. Esto resultó en una reducción de tiempo en la toma de decisiones críticas y una mayor transparencia entre los actores involucrados (Metrolinx, 2022).

F.1.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

Según la escala del modelo de madurez BIM del Reino Unido (Bew & Richards, Bew-Richards BIM Maturity Model. Constructing Excellence, 2008), el Eglinton Crosstown LRT se clasifica dentro del nivel 2, dado que logró la colaboración entre disciplinas a través de modelos separados, con intercambio de información en formatos estandarizados (CSA Group, 2022).

Este nivel implica el uso de procesos coordinados, intercambio de datos mediante entornos comunes (CDE) y aplicación de protocolos BIM. Aunque no se logró una integración total de datos en un único modelo federado (nivel 3), los beneficios operativos y de gestión de activos fueron notables (buildingSMART Canada, 2016).

F.1.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

La teoría que sustenta el uso de BIM se basa en la gestión integrada de proyectos (IPD) y el ciclo de vida del activo. Esta metodología propone reemplazar los documentos aislados por modelos digitales colaborativos que centralizan datos técnicos, espaciales, temporales y económicos (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

En el contexto del Eglinton Crosstown LRT, se empleó BIM no solo para diseño y construcción, sino también para facilitar la transición hacia la operación y mantenimiento del sistema, reduciendo el ciclo de vida total del activo y aumentando su eficiencia funcional (CSA Group, 2022).

F.1.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas observadas se encuentra la reducción de reprocesos durante la obra, gracias a la detección anticipada de interferencias. Asimismo, BIM permitió

una mejor gestión documental, disminuyendo errores de comunicación y acelerando los tiempos de revisión y aprobación (Metrolinx, 2022).

La mejora en la coordinación entre arquitectos, ingenieros y contratistas también contribuyó a una ejecución más eficiente. Además, los modelos digitales facilitaron la planificación del mantenimiento a largo plazo, generando valor añadido durante la fase operativa (CSA Group, 2022).

F.1.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

Sin embargo, la implementación de BIM también presentó desafíos. Uno de ellos fue la curva de aprendizaje y la resistencia al cambio por parte del personal no familiarizado con herramientas digitales. También se evidenciaron dificultades en la interoperabilidad de software entre diferentes proveedores (ConstructConnect, 2024).

Otra limitación fue el costo inicial de adopción, incluyendo licencias, capacitación y desarrollo de protocolos específicos. A pesar de ello, los beneficios superaron las barreras, consolidando la adopción de BIM como una práctica necesaria en proyectos complejos (CSA Group, 2022).

F.2 Análisis BIM – St. Michael's hospital redevelopment (Toronto)

F.2.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en el St. Michael's hospital tuvo un impacto significativo en la eficiencia operativa y en la toma de decisiones durante la ejecución del proyecto. Al permitir la coordinación tridimensional de los sistemas hospitalarios complejos, se logró minimizar interferencias y mejorar la planificación de actividades críticas, como las intervenciones quirúrgicas en espacios existentes (Infrastructure Ontario, 2015).

Además, el uso de modelos federados permitió identificar riesgos antes de la construcción, lo que generó ahorros de tiempo y costos. Según Infrastructure Ontario, el proyecto reportó una reducción en los retrabajos y una mejor comunicación entre contratistas y diseñadores, favoreciendo un entorno de trabajo más colaborativo (Infrastructure Ontario, 2015).

F.2.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El nivel de madurez BIM del proyecto puede estimarse como nivel 2 en la escala de Bew-Richards (Bew & Richards, 2008), ya que se utilizó un entorno de datos común (CDE) para compartir información y coordinar modelos tridimensionales entre múltiples disciplinas (CSA Group, 2022).

Este nivel implica colaboración digital entre las partes interesadas mediante modelos separados pero interoperables, permitiendo beneficios significativos en eficiencia. Aunque aún no se integraron plenamente flujos 4D o 5D, el uso coordinado de modelos BIM refleja un avance considerable en comparación con métodos tradicionales (CSA Group, 2022).

F.2.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

La implementación de BIM en proyectos como el St. Michael's hospital se sustenta en la teoría de integración de sistemas, que promueve la colaboración entre disciplinas mediante herramientas digitales que centralizan la información y reducen la fragmentación del proceso constructivo (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

Desde un enfoque práctico, el uso de un modelo BIM responde también a los principios de lean construction, ya que promueve la eficiencia al eliminar desperdicios y optimizar flujos de trabajo a través de simulaciones virtuales y planificación visual (Gomez Apaestegui, 2021).

F.2.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las ventajas más destacadas de la implementación de BIM en este proyecto se encuentra la reducción significativa de interferencias técnicas mediante la detección de conflictos anticipada (clash detection), lo cual es esencial en un entorno hospitalario activo (Infrastructure Ontario, 2015).

Asimismo, BIM facilitó la planificación logística y la gestión de espacios críticos, permitiendo el desarrollo de fases constructivas sin interrumpir los servicios clínicos, lo que contribuyó a una ejecución segura, rápida y eficiente (CSA Group, 2022).

F.2.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

A pesar de sus beneficios, la implementación de BIM también presentó desafíos. Entre ellos destacan los altos costos iniciales relacionados con el software, hardware especializado y la capacitación del personal, lo cual representó una barrera para algunos subcontratistas (ConstructConnect, 2024).

Además, hubo dificultades en la estandarización de flujos de trabajo entre equipos con distintos niveles de madurez digital, lo que generó retrasos en la interoperabilidad de archivos y problemas de comunicación en etapas tempranas del proyecto (CSA Group, 2022).

F.3 Análisis BIM – Vancouver international airport expansion

F.3.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en la expansión del aeropuerto internacional de Vancouver permitió una mejora significativa en la eficiencia del proyecto. Gracias a los modelos digitales integrados, se logró una planificación más precisa, una coordinación más efectiva entre los actores del proyecto y una mayor visibilidad de posibles interferencias antes de la construcción (Summit BIM, 2015).

Esta tecnología también optimizó la entrega de datos para mantenimiento y operación, reduciendo los tiempos de ejecución y los costos asociados a correcciones posteriores. El uso de BIM contribuyó a minimizar los cambios de diseño en obra, mejorando el control de calidad y facilitando decisiones basadas en información centralizada (WSP, 2025).

F.3.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

De acuerdo con los niveles internacionales de madurez BIM, el proyecto alcanzó el nivel 2, caracterizado por la colaboración entre disciplinas mediante modelos separados, pero con datos compartidos. Esta práctica fue posible gracias al uso de plataformas comunes de datos (CDE) y protocolos definidos por la Vancouver airport authority (CSA Group, 2022).

El nivel 2 permitió una gestión más integrada entre diseño, construcción y mantenimiento, aunque aún no se llegó al nivel 3, que implica un modelo único federado y operaciones completamente digitalizadas en tiempo real. No obstante, el avance logrado posiciona al aeropuerto como referencia en la adopción de BIM en Canadá (Summit BIM, 2015).

F.3.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

El modelo teórico que sustenta la implementación de BIM en proyectos como este se basa en la gestión del ciclo de vida del activo (Asset Lifecycle Management), donde se considera la integración de datos desde el diseño inicial hasta la operación. BIM permite la convergencia de información geométrica, técnica y temporal (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

Además, se apoya en el enfoque colaborativo propuesto por la teoría del BuildingSMART International, que promueve interoperabilidad, estándares abiertos y participación temprana de todos los agentes involucrados. Esto se reflejó en el uso de CDE, estándares IFC y protocolos de gestión compartidos en el proyecto (CSA Group, 2022).

F.3.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las principales ventajas del uso de BIM en la expansión del aeropuerto se encuentra la reducción de errores en obra, gracias a la detección temprana de interferencias. También mejoró la colaboración entre equipos, facilitando la toma de decisiones y la trazabilidad de los cambios (Summit BIM, 2015).

Otro beneficio clave fue la entrega de un modelo digital que será utilizado durante toda la vida útil del activo, permitiendo a los operadores gestionar el mantenimiento con mayor eficiencia y precisión. Esto reduce costos operativos y mejora la sostenibilidad del proyecto (WSP, 2025).

F.3.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

Uno de los principales retos fue la curva de aprendizaje para el personal involucrado, ya que se requería capacitación específica en el manejo de software y flujos de trabajo BIM. Esto implicó una inversión inicial considerable en tiempo y recursos (ConstructConnect, 2024).

Asimismo, la interoperabilidad entre plataformas de distintos proveedores aún presenta desafíos. Aunque se usaron estándares abiertos como IFC, algunas

incompatibilidades técnicas dificultaron la integración de todos los sistemas digitales en tiempo real (CSA Group, 2022).

F.4 Análisis BIM - Calgary's new central library

F.4.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación BIM

La implementación de BIM en la Calgary new central library mejoró significativamente la eficiencia en la planificación y ejecución del proyecto. El uso de modelos 3D permitió identificar y resolver interferencias antes de la fase constructiva, lo que redujo costos y retrasos. Además, la coordinación digital entre los equipos de arquitectura, ingeniería y construcción permitió optimizar la secuencia de obra, logrando una mayor previsibilidad en la gestión del cronograma (Ferguson Corporation, 2018).

El impacto también se evidenció en la calidad del diseño y la construcción, ya que el modelo BIM facilitó la simulación de condiciones climáticas y el análisis del ciclo de vida del edificio. Esto resultó en un proyecto más sostenible y alineado con los objetivos de eficiencia energética y durabilidad exigidos por las autoridades locales (Snøhetta, 2018).

F.4.2 Nivel de madurez BIM alcanzado en el proyecto

El proyecto alcanzó un nivel de madurez BIM estimado en el nivel 2 según el marco británico, que implica colaboración entre diferentes disciplinas a través de modelos separados pero coordinados, con intercambio de información bajo estándares comunes. Este nivel permitió una integración efectiva de datos en tiempo real y mejor comunicación entre los equipos de diseño y construcción (CSA Group, 2022).

Aunque no se implementó un nivel 3 completo, el enfoque colaborativo y la utilización de un entorno común de datos (CDE) aseguraron que el proyecto se mantuviera alineado con las mejores prácticas de gestión digital, sentando las bases para futuros avances hacia una madurez total (buildingSMART Canada, 2016).

F.4.3 Marco teórico de la implementación y ejecución BIM

El marco teórico de la implementación de BIM en este proyecto se fundamenta en los principios de gestión colaborativa de la información y modelado digital, tal como lo define la metodología BIM según ISO 19650. Esta norma establece un enfoque basado en el ciclo de vida de los activos construidos, promoviendo el uso de entornos de datos comunes y procesos estandarizados (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

Además, el uso de BIM se apoyó en el concepto de integración digital de procesos, donde cada fase del proyecto se conecta mediante modelos interoperables que permiten analizar y optimizar decisiones constructivas, funcionales y operacionales (buildingSMART Canada, 2016).

F.4.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Una de las principales ventajas fue la mejora en la coordinación entre los actores involucrados. El modelo digital centralizado permitió identificar conflictos de diseño con anticipación, reduciendo retrabajos y mejorando la eficiencia general de la obra (Snøhetta, 2018).

Asimismo, el uso de BIM facilitó la toma de decisiones informadas a lo largo del proyecto, desde la simulación de iluminación natural hasta la planificación de mantenimiento. Esto contribuyó a una construcción más sostenible, funcional y alineada con los valores de la comunidad (Ferguson Corporation, 2018).

F.4.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

Una de las principales desventajas fue el alto costo inicial de implementación. La capacitación del personal, la adquisición de software especializado y la estructuración de procesos representaron un reto presupuestario importante al inicio del proyecto (CSA Group, 2022).

También se observaron dificultades en la integración de algunos subcontratistas que no contaban con experiencia en entornos BIM. Esto generó barreras temporales en la fluidez de los flujos de trabajo digitales, lo cual debió ser resuelto mediante sesiones de alineamiento y soporte técnico continuo (buildingSMART Canada, 2016).

F.5 Análisis de estrategias BIM - The Bow (Calgary)

F.5.1 Impacto en eficiencia y efectividad de la implementación de BIM

La implementación de BIM en el proyecto The Bow permitió una coordinación avanzada entre disciplinas, lo que resultó en una disminución de errores en obra y una reducción significativa en los tiempos de ejecución. Gracias a la visualización en 3D y la detección temprana de interferencias, se mejoraron los procesos de planificación y se optimizó la secuencia constructiva (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).

Además, BIM facilitó la prefabricación de componentes estructurales, lo cual contribuyó a una mayor eficiencia en la ejecución del proyecto. La interoperabilidad entre plataformas permitió una toma de decisiones más precisa y una documentación técnica más confiable (Khosrowshahi & Arayici, 2012).

F.5.2 Nivel de madurez BIM alcanzado por el proyecto

El rascacielos The Bow alcanzó un nivel de madurez BIM nivel 2, caracterizado por la colaboración entre disciplinas mediante modelos separados, pero interoperables, con datos estructurados. Este nivel fue adecuado para la complejidad del proyecto, al requerir integración entre arquitectura, estructuras e instalaciones (Succar B. , Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 2009).

La aplicación de BIM en este nivel permitió generar una base de datos útil para futuras operaciones y mantenimiento del edificio. La adopción de estándares de intercambio de información, como IFC, facilitó esta interoperabilidad entre los equipos multidisciplinarios (BuildingSMART, 2021).

F.5.3 Marco teórico de implementación y ejecución BIM

El marco teórico para este análisis se basa en el ciclo de vida del modelo BIM, que contempla las etapas de diseño, construcción y operación. La metodología BIM busca centralizar la información del proyecto en un entorno colaborativo y digitalizado (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011).

Además, se aplica la teoría de gestión de proyectos bajo entornos digitales, que destaca la eficiencia operativa y la reducción de desperdicios mediante la coordinación digital de procesos. Esta perspectiva resalta el valor de BIM como herramienta integradora en obras de gran escala (Azhar, 2011).

F.5.4 Ventajas del uso de BIM en el proyecto

Entre las ventajas más notables del uso de BIM en The Bow se encuentra la mejora en la calidad del diseño, gracias a la posibilidad de detectar conflictos antes de la ejecución. También se logró una trazabilidad detallada de los componentes del edificio durante todo el proceso constructivo (Wong, Wong J, & Nadeem, 2020).

Asimismo, BIM permitió una comunicación fluida entre los stakeholders, reduciendo errores y facilitando la gestión del cambio. La integración con software de análisis energético contribuyó a mejorar el comportamiento ambiental del rascacielos (Azhar, 2011).

F.5.5 Desventajas del uso de BIM en el proyecto

A pesar de sus beneficios, la implementación de BIM en The Bow enfrentó desafíos como la curva de aprendizaje del personal involucrado y la necesidad de adaptar procesos tradicionales. Esto implicó mayores costos iniciales y tiempos de capacitación (Gu & London, 2010).

También se identificaron dificultades en la compatibilidad entre distintas plataformas y herramientas BIM, lo que requirió ajustes en los flujos de trabajo. Sin embargo, estos retos fueron mitigados mediante una gestión adecuada del cambio tecnológico (Khosrowshahi & Arayici, 2012).