

Gemelos digitales para el Entorno construido

Un documento de posición sobre la integración de BIM y el gemelo digital

Subcomité de integración de gemelos digitales NIBS
25 de junio de 2024

Tabla de contenido

Atribuciones.....	2
Resumen ejecutivo.....	3
La importancia de la integración.....	3
El público destinatario de este artículo	3
La posición de alto nivel en la integración de BIM y el gemelo digital	4
1. Introducción	8
1.1. Definiciones de BIM y Gemelo Digital.....	8
1.2. Debates sobre BIM y Gemelo Digital.....	11
2. Percepción pública.....	14
2.1. Intención de la audiencia.....	14
2.2. La importancia de la percepción pública.....	15
2.3. Lógica de la Posición.....	15
2.4. Subposiciones sobre la percepción pública.....	15
2.5. Discusión ampliada.....	18
3. Casos de uso	21
3.1. Intención de la audiencia.....	21
3.2. La importancia de los casos de uso.....	22
3.3. Lógica de la Posición.....	22
3.4. Subposiciones sobre casos de uso.....	22
4. Ejecución.....	28
4.1. Intención de la audiencia.....	28
4.2. La importancia de la ejecución.....	29
4.3. Lógica de la Posición.....	29
4.4. Subposiciones sobre Ejecución.....	29
5. Marcos de datos.....	36
5.1. Intención de la audiencia.....	36
5.2. La importancia de los marcos de datos	37
5.3. Lógica de la Posición.....	37
5.4. Subposiciones sobre marcos de datos	37
6. Conclusión.....	43
7. Referencias.....	46
Apéndice A: Definiciones	50
Apéndice B: Revisión de la literatura	53

Atribuciones

Este documento fue escrito por el Subcomité de Integración de Gemelos Digitales (DTI-S) del Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción (NIBS) y aprobado por la Junta Directiva del Consejo de Tecnología Digital de NIBS. El DTI-S está formado por miembros del mundo académico, industrial y gubernamental de la industria de Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operaciones (AECO) que tienen varios niveles de conocimiento, ya sea de BIM o Digital Twin.

Miembros contribuyentes del documento de posición

Basurto, Daniel.....Miembro Activo Centro de Innovación de Lima	McGaw, IanMiembro activo Centros de datos Vantage
Borhani, Alireza..... Líder Soluciones para instalaciones MacDonald-Miller	Meinert, BrandonMiembro activo Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU.
Dicher, Radu.....Miembro activo Grupo SWA	Messner, John.....Miembro activo Penn State
Escobar, MaríaMiembro Activo WSP	Onuma, Kimon Líder Onuma Inc.
Farquhar, Marcus.....Miembro activo WSP	Reyes, Nash.....Miembro Activo HMC Arquitectos
Flak, Alan.....Miembro activo Tetra Tech	Saleeb, NohaMiembro activo Universidad de Middlesex
Fortune, JohnnyJefe de personal Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción	Shook, Sheena.....Miembro activo Modulus Consulting
Ghorbani, ZahraVicepresidente, líder Estado de Pensilvania	Smith, Andy.....Miembro activo jubilado, Bentley Systems
Goldman, Marc Vicepresidente Esri	Turner, JohnMiembro activo Gafcon Digital
Grant, Roger..... Apoyo del personal Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción	Verley, Cyril.....Miembro activo CDV Systems, Inc. / 26 Degrees Software, LLC.
Lane-Nott, PatrickMiembro activo hipertúnel ltd	Vogen, Dan.....Miembro activo Sistemas Bentley
Mabrich, Alexander.....Miembro activo Sistemas Bentley	Wadhwa, SonaliMiembro activo coda
Maier, Francesca..... Vicepresidente Ninguna empresa figura en la lista	Walter, Jeff.....Miembro activo AECOM
McClure, Scott..... Presidente Image Matters, LLC	

El DTI-S agradece a estos miembros contribuyentes y a los miembros adicionales anónimos cuyo interés continuo a través de muchas reuniones apoyó e impulsó el impulso de este esfuerzo. ¡Gracias!

Citar este trabajo: Subcomité de Integración de Gemelos Digitales. (2024). Gemelos digitales para el entorno construido: documento de posición sobre la integración de BIM y el gemelo digital. Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción, Consejo de Tecnología Digital.

<https://www.nibs.org/files/pdfs/DigitalTwinsBuiltEnvironment.pdf>

Resumen ejecutivo

La integración de Building Information Management (BIM) y Digital Twin presenta una oportunidad innovadora para la industria AECO, sentando las bases para la innovación, la eficiencia y la colaboración. Este documento de posición visualiza un futuro en el que BIM y Digital Twin coexisten y crean sinergia para impulsar la sostenibilidad y mejorar el rendimiento operativo. Al identificar esta oportunidad, el DTI-S no se limita a adaptarse a la transformación digital, sino que participa en ella ofreciendo a la industria un plan de avance que aprovecha todo el espectro de capacidades digitales.

Este documento de posición tiene como objetivo desmitificar la relación entre BIM y el gemelo digital y mostrar cómo, a través de la integración estratégica, los líderes, tecnólogos y profesionales pueden acelerar cambios significativos en toda la industria. Este artículo aboga por la adopción simbiótica de BIM y Digital Twin en la industria AECO, enfatizando la implementación de acuerdo con los estándares establecidos. Las posiciones discutidas aquí presentan un mensaje enfocado a los tomadores de decisiones, brindando información e instando a cambios para impulsar el avance y la colaboración de la industria.

La importancia de la integración

La introducción de Digital Twin en la industria AECO ha generado gran entusiasmo y especulación. En medio de este entusiasmo, persiste un desafío predominante:

Es necesario tener más claridad sobre el concepto de gemelo digital y su relación con BIM.

A pesar de la presencia establecida de BIM en la industria, la ambigüedad entre BIM y Digital Twin ha generado confusión, dejando a las partes interesadas inseguras sobre su intercambiabilidad. Reconociendo esta cuestión, este documento de posición tiene como objetivo aportar claridad a la relación entre BIM y Digital Twin. Al abordar preguntas fundamentales, nuestros objetivos son definir la relación entre BIM y Digital Twin, crear valor, mejorar la comprensión, eliminar incertidumbres y facilitar la toma de decisiones informadas dentro de la industria AECO.

La audiencia de este artículo

El documento de posición está diseñado para atender a una audiencia diversa dentro de la industria AECO. Aborda las necesidades e intereses de tres audiencias principales: líderes ejecutivos, tecnólogos y profesionales.

- Para los líderes ejecutivos, el documento explora el potencial transformador de BIM y Digital Twin. Explora las implicaciones estratégicas de estas tecnologías para la toma de decisiones dentro de sus organizaciones.
- Para los tecnólogos, el documento proporciona una investigación exhaustiva de las complejidades tecnológicas de BIM y Digital Twin. Ofrece información sobre avances tecnológicos de vanguardia y oportunidades de innovación.
- Para los profesionales de la industria AECO, el documento sirve como un recurso informativo. Arroja luz sobre el profundo impacto de Digital Twin y su relación con BIM, fomentando una comprensión integral del panorama en evolución.

A continuación se muestra una demostración del uso de las ideas de este documento:

Un líder ejecutivo necesita crear un nombre de sociedad para utilizarlo profesionalmente como nombre común y término público para un futuro equipo. Al leer este documento, se encuentran con las posiciones de la Percepción Pública en las secciones 2.4.1 (Grupos y Organizaciones) hasta 2.4.4 (Herramientas y Prácticas). Aquí hacen las siguientes observaciones:

Si el acrónimo del título es el mismo (o similar) a otra organización o concepto complementario, tal vez llamándose a sí mismos “Infraestructura Neural y

Buildings Society” (también conocido como NIBS), o mediante el uso de cualquier término que no sea “Gemelo digital” que resulte en “DT” (en este punto del ciclo de exageración de los gemelos digitales):

- confundir a los nuevos practicantes que se unen al esfuerzo,
- impactar las relaciones entre cualquier organización con interés mutuo en el término, y
- impactar las opiniones de los seguidores que pueden percibir la decisión como, en el mejor de los casos, desacertada, desdeñoso muy probablemente, e incluso potencialmente falso en el peor de los casos.

Al darse cuenta de los matices de los impactos de un posible error, el líder ejecutivo luego indica a su equipo que lea y se alinee con este documento. Al hacerlo, los tecnólogos y profesionales voluntarios que apoyan el desarrollo de esta nueva sociedad comienzan a identificar oportunidades para mejorar sus esfuerzos. Observan dónde las definiciones desalineadas están provocando rupturas en las discusiones colaborativas y dónde los casos de uso pueden aprovechar constructivamente la relación BIM y Digital Twin en la transformación digital.

La posición de alto nivel en la integración de BIM y el gemelo digital

El Subcomité sostiene que la relación BIM y Digital Twin es:

(a) Integrador y no duplicativo, (b)

Comúnmente mal entendido, y (c)

Excepcionalmente adecuado para resolver problemas sustanciales de AECO y evitar obstáculos.

Por lo tanto, esta es una oportunidad para reforzar la “relación BIM y Digital Twin” como vital para la transformación digital en la industria AECO. Esta posición se establece después de examinar la relación a través de los lentes de la percepción pública, los casos de uso, la ejecución y los marcos de datos (ver Figura 1).

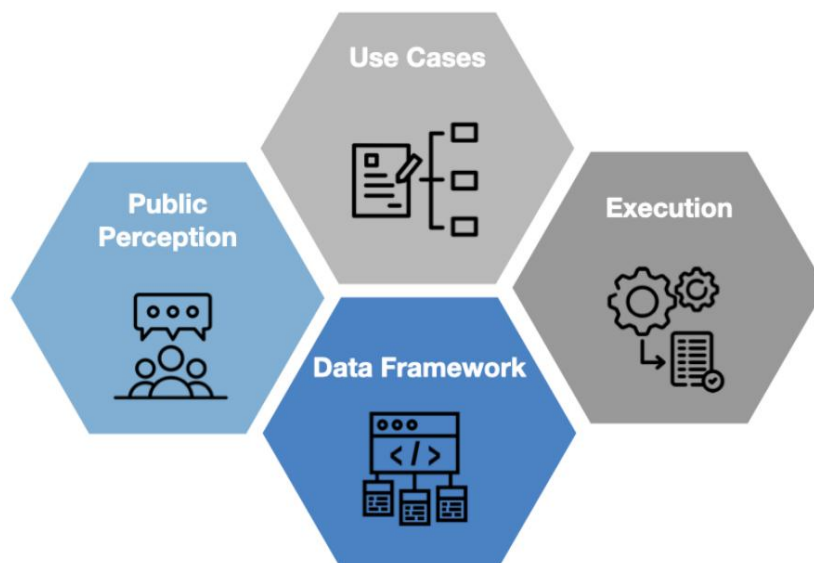


Figura 1 : Los componentes principales del documento: percepción pública, casos de uso, ejecución y marco de datos.

A través de la lente de la Percepción Pública , el Subcomité considera el papel omnipresente que desempeña el público en general en la formulación de políticas para la integración de BIM y Digital Twin. Aunque es poco probable que estas partes interesadas estén al tanto de debates técnicos como este documento, indirectamente tienen un impacto sustancial en esfuerzos como este. Se argumenta lógicamente que se pasa por alto al público en general como fuente de confusión, falta de comunicación e incertidumbre y que, como resultado, los esfuerzos para integrar las prácticas BIM establecidas con enfoques disruptivos del Gemelo Digital dependen en gran medida de cómo el público en general percibe e interactúa con el público en general. entorno construido. Hay varias industrias que no pertenecen a AECO que son muy inconsistentes a la hora de comunicar la naturaleza del Gemelo Digital, y que este mensaje (junto con el revuelo que rodea a la innovación general) ahora está impactando la implementación duradera de BIM de la industria AECO. esfuerzo. Como resultado, el Subcomité sostiene que se debe aprovechar la percepción pública para reducir los retrasos y la confusión, y mejorar la eficacia de la integración de BIM y Digital Twin.

A través de la lente de los casos de uso , el Subcomité considera la aplicación práctica de los enfoques BIM y Digital Twin, mostrando cómo ambos revolucionan el ciclo de vida de los espacios construidos y el entorno natural. El Subcomité reconoce el potencial transformador de BIM y Digital Twin y aboga por su adopción colectiva en un desarrollo sostenible y eficiente. Los casos de uso claros y bien definidos son clave para la implementación exitosa de BIM y Digital Twin.

A través de la lente de Ejecución , el Subcomité explora cómo se pueden ejecutar BIM y Digital Twin aprovechando sus diferencias. La posición sobre la integración de la planificación de ejecución de BIM y Digital Twin establece que la sinergia se logra adoptando y operacionalizando sus distintas características y enfoques de ejecución. Esto se basa en el reconocimiento de que los modelos BIM generalmente proporcionan representaciones de activos detalladas, sólidas y estáticas que los gemelos digitales pueden animar y poner en funcionamiento. El Subcomité cree que puede haber una estrategia práctica para aprovechar BIM como una "estructura fundamental" sobre la cual se construyen los gemelos digitales AECO.

A través de la lente del Marco de Datos , el Subcomité delinea una forma dinámica de gestionar y aprovechar datos vitales para la evolución de BIM y Digital Twin. El marco identifica estrategias para la inmediata

implementación y proyecta una trayectoria de futuro. Es receptivo y expansivo, absorbe fácilmente nuevos conocimientos y se adapta al panorama cambiante de desafíos y oportunidades. Mientras que BIM destaca por ofrecer información sólida, Digital Twin prospera con el cambio; juntos, forman una visión integral más significativa que la suma de sus partes. Si bien BIM ofrece una estructura digital fundamental, Digital Twin puede aprovecharla y hacer que la estructura cobre vida con datos en tiempo real. La clave es comprender y respetar las fortalezas de cada uno, aprovechando al máximo sus capacidades.

I. Introducción

1. Introducción

En el panorama en rápida evolución de las prácticas AECO, la llegada del concepto de gemelo digital ha provocado considerable entusiasmo y especulación. Sin embargo, en medio del revuelo, persiste un desafío: hay una falta de claridad en torno a qué constituye un "gemelo digital", cómo se puede aprovechar uno de manera única y por qué.

Como enfoque, sus beneficios destacan al impulsar el apoyo a la inversión. Si bien la Gestión de la Información de Construcción (BIM) se ha consolidado como un concepto familiar y ampliamente adoptado dentro de la industria, la ambigüedad entre BIM (incluidos los modelos BIM) y Digital Twin (incluidos los gemelos digitales) ha generado confusión. Muchas partes interesadas se preguntan si se trata de términos intercambiables o de entidades claramente diferentes.

Reconociendo este problema, este artículo presenta una posición para aclarar la relación entre BIM y Digital Twin. Al abordar estas preguntas fundamentales, nuestro objetivo es proporcionar comprensión, disipar incertidumbres y allanar el camino para la toma de decisiones informadas dentro de la industria AECO. Este artículo examina las complejidades que rodean la adopción e integración de BIM y Digital Twin y cómo se relacionan con los estándares existentes. El objetivo del Subcomité es abogar por la adopción simbiótica de BIM y Digital Twin en la industria AECO, garantizando al mismo tiempo que se implementen de acuerdo con los estándares establecidos. Este documento de posición proporciona un mensaje enfocado a los tomadores de decisiones para impulsar este cambio necesario.

1.1. Definiciones de BIM y Gemelo Digital

Dado que el enfoque del Subcomité y del Documento de Posición es la relación entre BIM y Gemelo Digital, se proporcionan las siguientes definiciones en este contexto y para la industria AECO.

BIM

El concepto de BIM se ha desarrollado para aplicarlo a tres facetas de la construcción y gestión de instalaciones:

1. Gestión de información de construcción (BIM): funciones de controlar la adquisición, análisis, retención, recuperación y distribución de información de activos del entorno construido, todo dentro de un sistema de procesamiento de información.

Nota: dentro de BIM, 'edificio' se refiere al proceso de construcción de un activo, no a un tipo específico de instalación (es decir, no "un edificio"). BIM es una función que se puede implementar en todo tipo de activos del entorno construido, incluidos edificios, puentes, carreteras, túneles, plantas de proceso, paisajes y otros tipos de infraestructura e instalaciones.

2. Modelo de información de construcción ("Modelo [BIM]"): una representación digital compartida de elementos físicos y Características funcionales de un activo del entorno construido.

Nota: Adaptado de NBIMS V4. Se agregó la palabra "BIM" al acrónimo. Muchos usos de "BIM" se refieren indistintamente a gestión, modelos o modelado, por lo que la palabra "Modelo" se utiliza aquí para reducir la falta de comunicación y el conflicto que a menudo se observa cuando se habla de BIM. Además, debido a que este documento se centra en la relación entre BIM y Digital Twin como conceptos, el texto utilizará explícitamente el modelo BIM cuando corresponda.

3. Modelado de información de construcción ("Modelado [BIM]"): generar y utilizar una plataforma digital compartida. representación de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación para formar

una base confiable para tomar decisiones.

Nota: Adaptado de NBIMS V4. Se agregó la palabra "BIM" al acrónimo. Al igual que con el modelo BIM, la palabra "Modelado" se utiliza aquí para reducir la falta de comunicación y los conflictos que a menudo se observan cuando se habla de BIM. Además, debido a que el enfoque de este documento es la relación entre BIM y Digital Twin como conceptos, el texto utilizará explícitamente el Modelado BIM cuando corresponda.

Gemelo digital

Los gemelos digitales surgieron antes del cambio de siglo y desde entonces se han adoptado en muchas industrias (por ejemplo, manufactura, atención médica, etc.). Debido a que se ha desarrollado con tanta diversidad, su definición ha generado una importante controversia. Esta sección explorará y discutirá varios aspectos de la definición de Digital Twin que aún no se han establecido en la industria AECO.

La definición del Digital Twin Consortium (DTC) es:

Un gemelo digital es una representación virtual de entidades y procesos del mundo real, sincronizados con una frecuencia y fidelidad específicas.

El DTC continúa agregando:

- Sistemas gemelos digitales transformar los negocios acelerando la comprensión holística, la toma de decisiones óptima y la acción efectiva.
- Los gemelos digitales utilizan datos históricos y en tiempo real para representar el pasado y el presente y simular futuros previstos.
- Los Gemelos Digitales están motivados por los resultados, adaptados a los casos de uso, impulsados por la integración, construidos sobre datos, guiados por el conocimiento del dominio e implementados en sistemas de TI/OT. [23]

Si bien este documento utiliza la definición anterior como base para la discusión, también introduce una definición específica de la industria AECO utilizando el lenguaje de dominio. Con miras a esto, las posiciones aquí contenidas también utilizan una definición que:

- [A] Se aplica específicamente a una necesidad identificada para que la industria AECO dependa de casos de uso definidos.
- [B] Articula los múltiples requisitos de frecuencia dentro de una instalación compleja y multipropósito sistemas.
- [C] Cuentas para procesos de planificación multifase que requieren el desarrollo del modelo digital antes de construir su gemelo físico (casualmente alineándose más estrechamente con las metodologías BIM).
- [D] Se alinea con definiciones de industrias no AECO que requieren simulación.
- [E] Asimila las tecnologías existentes que son equivalentes AECO a los gemelos digitales y se utilizan para accionar activos físicos (como sistemas de automatización de edificios (BAS), sistemas de control de gestión ambiental (EMCS), sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA), etc.).

Las modificaciones para estas consideraciones están codificadas por colores y subrayadas en la siguiente definición de oración única, y no pretenden entrar en conflicto con ningún componente de la definición de DTC:

Un gemelo digital [A] de un activo es una [A] representación virtual adecuada y [A] inteligente del mismo sincronizada en frecuencias [B] específicas, [C] con una conexión existente o planificada entre lo virtual y lo físico. gemelo que [D] puede incluir análisis y [E] la capacidad de activar cambios físicos desde el gemelo virtual. [2]

Estas dos definiciones son compatibles y funcionan para expresar diferentes facetas de la misma tecnología.

Categorías de un gemelo digital

Esta segunda definición también da cabida expresamente a los gemelos digitales que se crean en diferentes etapas del ciclo de vida de un activo y con diferentes niveles de integración entre los entornos físico y digital. A lo largo de este documento, se utiliza el siguiente sistema de clasificación para los tipos de gemelos digitales donde agrega contexto y valor. Según el nivel de integración entre los gemelos digitales y físicos, este sistema de clasificación consta de tres categorías: Prototipo de gemelo digital (DTP), Sombra digital (DS) y Sistema ciberfísico (CPS), como se muestra en la Figura 2 a continuación.

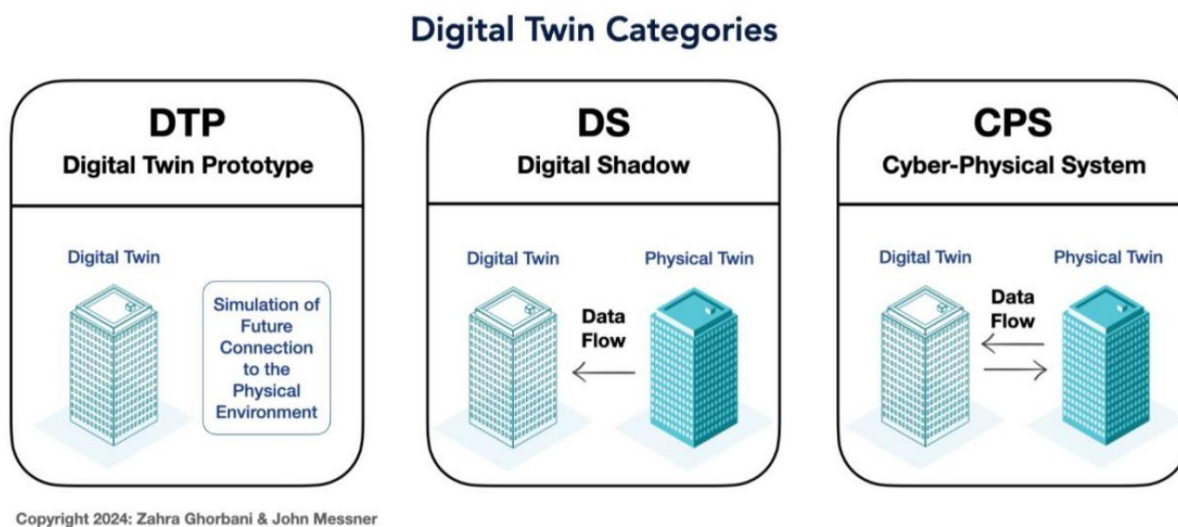


Figura 2 – Categorías de gemelos digitales [2]

Un prototipo de gemelo digital (DTP) es una representación virtual de un activo diseñado para conectarse al activo físico en el futuro.

Una Sombra Digital (DS) es una representación virtual de un activo construido con un flujo de datos desde el activo a su Gemelo Digital.

Un sistema ciberfísico (CPS) es una representación virtual de un activo con un flujo de datos bidireccional entre los gemelos digitales y físicos, que a menudo incluye una capa de actuación. [2]

Comentario editorial del presidente

Este comentario editorial se ha agregado para resaltar y abordar de manera transparente un complejo Cuestión: no hubo consenso total sobre las definiciones anteriores. Estos términos suscitaron una controversia sorprendentemente significativa. Aunque fueron desarrollados rigurosamente de la investigación doctoral en múltiples industrias, estar definidas académicamente no significa que se integrarán bien sin compromisos ni debates. La verdad es que muchos profesionales de AECO tienen términos con los que trabajan y han defendido, pero ninguno que sea universalmente adoptado para comunicar los conceptos transmitidos por DTP, DS y CPS. En este sentido (entre muchos otros), la industria AECO carece de una cohesión efectiva.

Existe un riesgo desafortunado al proceder sin un consenso claro, a saber, que los términos de este documento entren en conflicto con las experiencias, creencias y/o convicciones de algunos (si no de muchos). Pero después de escuchar opiniones de todo el espectro, como presidente, hice la llamada individualmente. Aunque hay razones válidas a favor y en contra, el núcleo de mi decisión se basó en la señal clara y positiva recibida de un gran segmento de nuestros miembros: muchos profesionales experimentados que conocieron recientemente el concepto de gemelo digital descubrieron que DTP, DS, y CPS proporcionó el equilibrio entre claridad y aplicación que habían estado buscando. "Muchos", es decir, aunque lamentablemente no "todos".

Y es correcto o incorrecto, pero de acuerdo con las ideas generadas por este Subcomité, estos términos se utilizan aquí en deferencia al avance de la interoperabilidad multisectorial, la promoción de la colaboración y la cohesión intraindustrial y el apoyo a aquellos que son nuevos en esta disciplina cruzada. comunidad.

Tenga en cuenta que la Figura 2 ilustra un ejemplo específico (es decir, un edificio) y su relación con la intersección de BIM y Digital Twin. Un concepto fundamental introducido es la coexistencia dinámica de estas categorías de gemelos digitales (es decir, DTP, DS, CPS) dentro de un único activo. Este documento subraya la noción de que un solo activo puede integrar simultáneamente las tres categorías, y su importancia depende del caso de uso específico en cuestión. Al enfatizar la "igual importancia", este enfoque disipa la noción de que una categoría eclipsa a las demás. En escenarios prácticos, un edificio puede tener un CPS del Sistema de Automatización de Edificios (BAS) que interactúa con los sistemas del edificio para el entorno físico.

Al mismo tiempo, podría existir una DTP que simule escenarios futuros que aún no existen.

Esta comprensión matizada enfatiza que estas categorías no están estructuradas jerárquicamente y que estas diferentes categorías de gemelos digitales pueden coexistir armoniosamente, operando de manera sinérgica para abordar diversos casos de uso dentro del entorno construido.

1.2. Debates sobre BIM y Digital Twin

El debate sobre la relación entre BIM y Digital Twin está ganando terreno en la industria AECO, lo que ha dado lugar a publicaciones. Sin embargo, existen pocas publicaciones revisadas por pares que analicen la correlación entre ellos.

Publicaciones revisadas por pares han examinado la relación entre BIM y Digital Twin [3-5]. Algunos perciben el Digital Twin como una progresión de BIM [3], mientras que otros mencionan que BIM es una entidad separada que puede aprovecharse para crear el Digital Twin [4-5]. Otra categoría de artículos considera BIM como un componente

del gemelo digital [6-9]. Sin embargo, ninguno de estos estudios ha examinado expresamente los matices de la relación entre BIM y Digital Twin.

Además, hay una serie de publicaciones de blogs y artículos que presentan opiniones individuales sobre este asunto, algunos de los cuales son artículos de opinión publicados en sitios web de proveedores de software o revistas en línea. Si bien muchas de estas fuentes no están revisadas por pares ni han pasado por ninguna revisión técnica, son valiosas como indicación de un interés creciente en el tema y tienen un impacto en el grado de comunicación experimentado en las discusiones sobre el tema.

Para obtener una revisión completa de la literatura, consulte el Apéndice B: Revisión de la literatura.

II. Posiciones sobre la percepción pública

2. Percepción pública

Un creciente cuerpo de literatura indica que el interés en esta tecnología dentro de la industria AECO está aumentando y, como resultado, la idea de que el público en general tiene un interés creciente en Digital Twin se está convirtiendo en un factor importante a tomar en cuenta para la industria. Es una demanda que impulsa la inversión de los proveedores.

Los miembros del Subcomité han experimentado que los esfuerzos de colaboración para evaluar casos de uso y abordar la demanda del público en general a menudo carecen de fondos suficientes y fácilmente se ven ensombrecidos por argumentos de venta de proveedores bien financiados y descoordinados. En ausencia de incentivos claros para colaborar en mensajes coordinados, las empresas invierten mucho en comercializar conceptos innovadores directamente a los consumidores que buscan soluciones novedosas. Como resultado, terminan creando nuevos términos, formas y estructuras que compiten con los esfuerzos de formulación de políticas por la atención y el uso del público en general.

2.1. Intención de la audiencia

Para el público objetivo de este documento, a continuación se describe cómo se pretende recibir las ideas de esta sección.

- Líderes / Responsables de políticas

El público en general seguirá siendo una fuente de perturbación en la relación entre BIM y Digital Twin debido a la afluencia de mensajes dirigidos desde una amplia gama de sectores comerciales de Digital Twin fuera de la industria AECO.

Se alienta a los líderes y formuladores de políticas a leer esta Posición sobre la percepción pública para garantizar que las estrategias de inversión de alto nivel y de largo plazo tengan en cuenta esta incertidumbre, y que se puedan tomar acciones de formulación de políticas para reducir la confusión, los conflictos y las demoras.

- Tecnólogos

El público en general seguirá siendo una fuente de conflictos sobre requisitos de productos y características debido tanto a las señales de demanda mal informadas que reciben los propietarios/inversores como a los esfuerzos de marketing que realizan los proveedores para atraerlos a través de estas señales.

Se alienta a los tecnólogos a leer esta Posición sobre la percepción pública para garantizar que esta dinámica de "tira y afloja" se comprenda y se aproveche para mejorar la comunicación y ofrecer mejores soluciones integradas para los usuarios finales.

- Practicantes

El público en general seguirá siendo una fuente de nuevos profesionales del diseño, la ingeniería, la mano de obra y más. Con estos participantes en la industria AECO vienen sus hábitos, ideas preconcebidas, prejuicios y ambiciones relacionados con la tecnología.

Se anima a los profesionales nuevos y experimentados a leer esta Posición sobre la percepción pública para garantizar que se comprendan, reconozcan y aborden las fuentes de confusión cuando se encuentren, y que las acciones personales estén diseñadas para fomentar un diálogo saludable, fomentar la participación plena y amplificar los beneficios de una amplia gama de perspectivas.

2.2. La importancia de la percepción pública

El Subcomité sostiene que:

- (1) La percepción del público en general¹ está infravalorada como un componente esencial e influyente de los esfuerzos de integración de BIM y Digital Twin,
- (2) No se ha aprovechado la percepción del público en general para alinear estos dos enfoques, y
- (3) El impacto de abordar la percepción del público en general de manera colaborativa puede ser fundamental para gestionar eficientemente una transformación disruptiva inevitable de la industria AECO.

2.3. Lógica de la Posición

Al desarrollar las posiciones anteriores, surgió una relación: a través de una cadena de cinco conceptos críticos, la percepción del público en general tiene un impacto en la cohesión de la industria porque las opiniones sesgan el riesgo, y la tolerancia al riesgo informa las inversiones de capital dentro de las organizaciones en toda la industria. La Figura 3 describe visualmente la lógica de este impacto dentro de una sola organización, aunque no sugiere que el impacto de una sola organización por sí solo sea sustancialmente relevante para la cohesión de la industria.



Figura 3 – El impacto de la percepción pública en la cohesión de la industria (a través de una sola organización)

Esta lógica se amplía en la Sección 2.5 (Discusión ampliada) para abarcar toda la industria AECO por la gran cantidad de organizaciones a las que afecta el público en general. Como resultado, se deben considerar las siguientes subposiciones sobre la percepción pública para aprovechar esta visión y generar un efecto transformador positivo en la industria en su conjunto.

2.4. Subposiciones sobre la percepción pública

La posición del Subcomité sobre la percepción pública se basa en los siguientes conceptos específicos que el equipo identificó en cuatro áreas temáticas. Discusiones y debates importantes han identificado que las áreas temáticas están entrelazadas con un hilo común: el apoyo a la integración existe y se basa en la relación, la compatibilidad, la motivación y la experiencia.

¹ Es posible que el público en general desconozca el concepto BIM o DT, pero aun así puede impulsar la demanda porque los usuarios no técnicos esperan que las empresas proporcionen funciones basadas en fuentes de información no deseadas (como el boca a boca o los medios de entretenimiento).

2.4.1. Grupos y Organizaciones

Los grupos y organizaciones que dan forma a las políticas para los profesionales de BIM y Digital Twin en todas las comunidades son prolíficos, están comprometidos y buscan colaboración.

Aunque se necesita más, en la mayoría de los grupos y organizaciones BIM y Digital Twin existe una comprensión clara de los beneficios que brindan, una sincera apertura a la diversidad y un impulso hacia la inclusión. Al formular políticas, han aprovechado propósitos y motivaciones compartidos, los han aplicado más allá de las fronteras nacionales y las divisiones culturales, y han creado un ecosistema de innovación maduro para la integración.

Las comunidades BIM y Digital Twin en la industria AECO a menudo se superponen en su deseo mutuo de mejorar digitalmente la gestión de activos y la entrega de capacidades, así como en la motivación para buscar innovaciones transformadoras con pasión. Para los profesionales y las partes interesadas de BIM, existen volúmenes de experiencia y recursos de políticas construidos durante décadas de implementación que han sido probados y establecidos. Para los profesionales y las partes interesadas de Digital Twin, existe un excepcionalismo en su capacidad para impulsar y motivar al público en general a través de un estilo de diseño, comunicación y compromiso amigable para los nativos digitales², así como en colaboración con otras industrias que pueden impulsar enfoques innovadores.

2.4.2. Estado actual de las definiciones

La comprensión general de las definiciones de BIM y Gemelo Digital está evolucionando hacia la madurez, y los profesionales son conscientes de la necesidad de mejorar la comunicación y la comprensión en toda la industria.

Las organizaciones de gemelos digitales involucradas en la formulación de políticas se encuentran en una etapa de desarrollo en la que aún se están formando definiciones en todas las industrias, y las organizaciones BIM involucradas en la formulación de políticas se están volviendo conscientes de la necesidad de abordar definiciones técnicas ambiguas³ que sobrecargan el discurso y la inversión. Esta flexibilidad respalda la posición del Subcomité porque sugiere que estos grupos y organizaciones están preparados para aceptar un replanteamiento impactante y transformador de las definiciones establecidas. En otras palabras: por las razones correctas, están dispuestos a discutir cambios en términos y definiciones establecidos desde hace mucho tiempo.

Las comunidades de profesionales de BIM y Digital Twin tienen conceptos valiosos y relacionables que son consumibles si se comunican con claridad. Se encuentran en un momento justificable para el cambio si se reconoce y apoya formalmente la necesidad, y han aprendido lecciones valiosas para simplificar la comunicación con todos los públicos si se organizan de manera efectiva. Dada la naturaleza de su excepcionalmente

² "Nativo digital" se refiere a personas nacidas en una era de tecnología digital, que solo tienen experiencias en un mundo influenciado por las computadoras o Internet.

³ Para contextualizar, se proporcionan tres ejemplos de "definiciones técnicas ambiguas": (1) los tres significados formales de la "M" en BIM (gestión, modelado y modelo), (2) las interpretaciones divergentes de "construcción" en el Acrónimo BIM como verbo o sustantivo, y (3) las sutiles diferencias entre la "D" en los tres desgloses comunes de LOD (detalle, desarrollo o diseño).

objetivos compatibles, la posición del Subcomité es que las comunidades de profesionales de BIM y Digital Twin tengan experiencia, recursos y estén preparadas para los cambios en las definiciones, siempre que se realicen en conjunto.

2.4.3. Fuerzas influyentes del cambio

Hay fuerzas que afectan la percepción del público general sobre BIM y el gemelo digital y que siguen pasando por alto en muchos debates profesionales sobre la relación entre estos dos enfoques.

El marketing intersectorial, la adopción nacional y los medios de entretenimiento son tres ejemplos monolíticos de fuerzas de impacto que pueden respaldar una relación bien integrada entre BIM y Digital Twin.

- Marketing intersectorial

A través del marketing y mensajes generales desde fuera de la industria AECO, los gemelos digitales demostrados en otras industrias (por ejemplo, aeroespacial, manufacturera y médica) influyen en la opinión del público en general. Aprovechadas en conjunto, estas influencias pueden tener un impacto si se utilizan deliberadamente para impulsar la interoperabilidad, agrupar las lecciones aprendidas y amplificar los esfuerzos de comunicación.

- Adopción Nacional

Como cliente relativamente monolítico, el Gobierno Federal de los Estados Unidos tiene la capacidad de impactar la adopción nacional y acelerar el ritmo de cambio de la industria a través de la magnitud de sus contratos federales de infraestructura y las regulaciones que mantiene.

- Medios de entretenimiento

Aunque nunca se mencionan por su nombre, BIM y Digital Twin se benefician de los medios y el entretenimiento populares, ya que los gráficos por computadora de alto presupuesto y los escenarios atractivos demuestran visceralmente el valor de los activos digitalizados del mundo real, impulsando así la demanda de integración digital y transformación organizacional.

Aprovechar fuerzas de impacto como estas a través de la influencia, el desarrollo o el estudio puede satisfacer una demanda que actualmente no está suficientemente abastecida. Este desequilibrio de "oferta y demanda" demuestra que es valioso integrar BIM y Digital Twin, y el Subcomité sostiene que puede impulsar la inversión de la industria.

2.4.4. Herramientas y prácticas

Las herramientas y prácticas que apoyan la integración de BIM y Digital Twin llevan a un sector del público previamente desconectado a la "gestión participativa" del ciclo de vida operativo de un activo, impartiendo nuevas responsabilidades de cuidador a una industria donde la madurez técnica a menudo ya se expresa.

Desde finales del siglo XX, BIM ha permitido a los profesionales y a las partes interesadas directas coordinar un mejor diseño y construcción al centrar a la industria AECO en la evolución de las herramientas y prácticas de las que dependen. Sin embargo, fuera de esta comunidad técnica central, el público rara vez (o nunca) ha necesitado conocimiento de las aplicaciones, regulaciones y enfoques altamente técnicos utilizados para implementar prácticas BIM.

Por el contrario, Digital Twin se centra en gran medida en la accesibilidad general al intentar interactuar directamente con el público en general y lograr la entrega de conocimientos a través de herramientas digitales que interactúan.

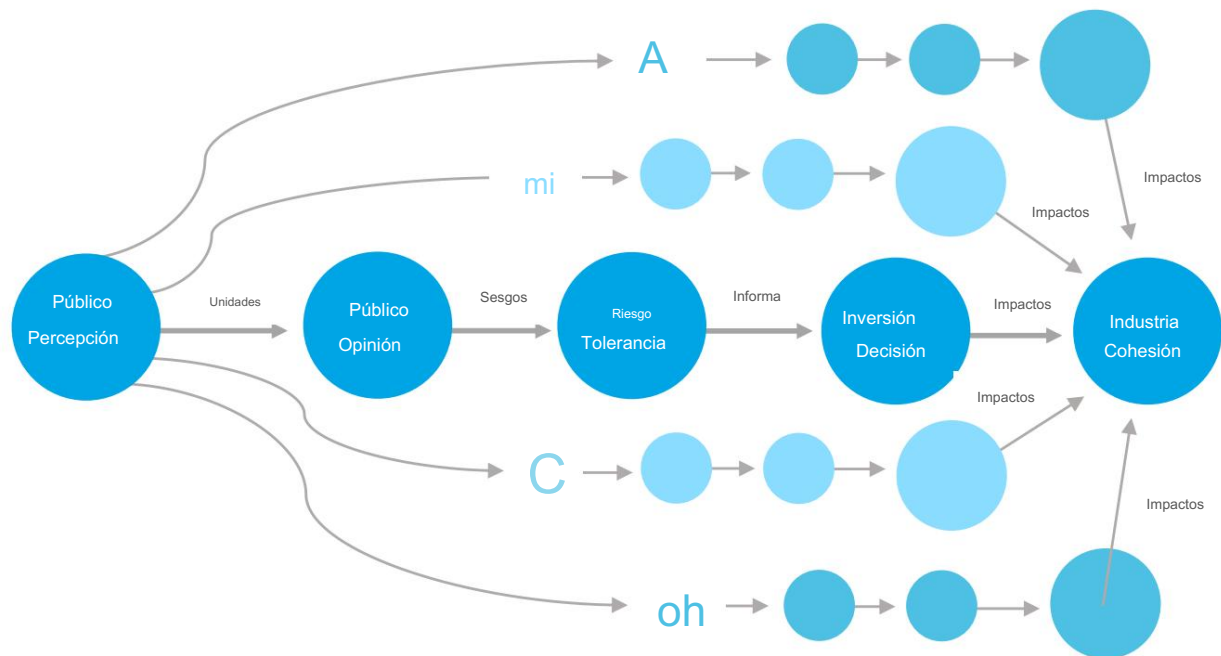
con los usuarios finales. Ejemplos de estos usuarios pueden ser los bibliotecarios que controlan la humedad de los libros. fines de conservación, o empleados de almacén que se benefician del mapeo de ubicación en tiempo real y el monitoreo de inventario en las instalaciones. Este contraste resalta el amplio alcance de los consumidores de los productos digitales y sugiere que las circunstancias son adecuadas para ofrecer este nuevo grado de entrega digital. Pero, al apresurarnos a satisfacer esta demanda, cabe señalar que también existe un riesgo sustancial de que un cambio tecnológico apresurado pueda fatigar al público en general y exponerlo a problemas de seguridad y privacidad⁴.

2.5. Discusión extendida

La cohesión de una industria es evidente en su capacidad para actuar como un todo unido. Por ejemplo, la capacidad de una industria para establecer y cumplir con autoridades definiciones puede ser evidencia o proporcionar métricas con respecto al grado de cohesión de una industria. Cuanto mayor es el desorden, la confusión,

Mientras más falta de comunicación y fragmentación haya en una industria, menos cohesiva será esa industria y menos probable será que responda rápidamente a los cambios en el panorama tecnológico.

La Figura 4 (a continuación) amplía la lógica de la sección 2.3 para mostrar que, aunque el público en general no impacta sustancialmente la cohesión de AECO a través de una sola organización (Figura 3), lo hace colectivamente a través de las muchas organizaciones que constituyen toda la industria. En este caso, la percepción del público en general impulsa y sesga la tolerancia al riesgo en organizaciones de arquitectos, ingenieros, contratistas de construcción, propietarios y más.



⁴ Ejemplo: una popular empresa de mapas utilizó servicios de localización de conductores en teléfonos para sus sistemas internos, exponiendo al público, que no estaba familiarizado con la tecnología, a riesgos de privacidad y seguridad que no se entendían bien.

Figura 4 – El impacto de la percepción pública en la cohesión de la industria (colectivamente a través de muchas organizaciones)

Si se deja que la relación entre BIM y Digital Twin se desarrolle orgánicamente sin coordinación ni facilitación, la industria AECO corre el riesgo de perder aún más cohesión a través de una confusión sustancial, el empeoramiento de las barreras de entrada y adopción, una toma de decisiones de inversión mal informada y esfuerzos fragmentados para transformar las organizaciones y comunidades. A través de la facilitación, organizaciones como NIBS y Digital Twin Consortium están mitigando con éxito estos riesgos: cuando las discusiones abordan directamente las creencias, interpretaciones y suposiciones comunes del público en general, la industria obtiene herramientas para una mejora cohesiva. Una manifestación de esto es la formación del propio DTI-S.

Estos conocimientos sugieren un valor significativo al abordar directa y deliberadamente la percepción del público en general sobre la integración de tecnologías, políticas y prácticas BIM y Digital Twin.

El Subcomité ve que después de casi 50 años, el desarrollo de BIM coincide con el surgimiento social del Gemelo Digital como un concepto con nombre, respaldado por una demanda sustancial, que culminará en un punto de inflexión: la industria AECO se encuentra en un umbral en el que las organizaciones clave pueden aprovechar la demanda y la madurez del público en general para perfeccionar los estándares, herramientas y prácticas BIM. Centrarse en las necesidades digitales de los usuarios finales permitirá a BIM respaldar y mejorar los esfuerzos de Digital Twin en cómo se identifican sus casos de uso, se lleva a cabo su ejecución y sus marcos de datos se integran en una organización. Al hacerlo en toda la industria AECO, las organizaciones pueden incorporar de manera responsable instalaciones integradas digitalmente para respaldar la toma de decisiones efectiva a través de una síntesis de enfoques BIM y Gemelo Digital.

III. Posiciones sobre casos de uso

3. Casos de uso

Habiendo revisado las definiciones y fundamentos de BIM y Digital Twin, el Subcomité reconoce la creciente demanda del público de claridad y beneficios tangibles de estas tecnologías avanzadas. Si bien las complejidades de BIM y Digital Twin pueden parecer abrumadoras, es a través de sus aplicaciones prácticas en el mundo real que se revela su verdadero potencial. A medida que el documento pasa a los casos de uso, se introducen posiciones que hacen que estos conceptos sean accesibles para líderes, tecnólogos y profesionales, y analizan las complejidades del ecosistema general. Estas aplicaciones y estrategias prácticas respaldan la estandarización de BIM y Digital Twin y allanan el camino para una comprensión más profunda de las discusiones técnicas sobre los marcos de datos requeridos y la ejecución de BIM y Digital Twin.

3.1. Intención de la audiencia

Para el público objetivo de este documento, a continuación se describe cómo se pretende recibir las ideas de esta sección.

- Líderes / Responsables de políticas

Los casos de uso serán los impulsores clave para invertir en tecnologías BIM y Gemelo Digital, guiando a los tomadores de decisiones hacia la asignación estratégica de recursos.

Se anima a los líderes y formuladores de políticas a leer esta Posición sobre casos de uso para identificar cómo sus necesidades comerciales estratégicas pueden traducirse en aplicaciones procesables a lo largo de todo el ciclo de vida de los activos. Comprender los casos de uso es imperativo para identificar oportunidades para aprovechar la tecnología y la innovación de manera efectiva, configurando así entornos en línea con objetivos sociales y económicos más amplios y garantizando la sostenibilidad y la resiliencia a largo plazo.

- Tecnólogos

Los casos de uso serán un paso fundamental para que los tecnólogos comprendan las diversas aplicaciones de BIM y Digital Twin dentro de la industria AECO, brindándoles información valiosa sobre las necesidades prácticas de las partes interesadas.

Se anima a los tecnólogos a leer esta Posición sobre casos de uso para garantizar que sus soluciones tecnológicas no solo sean sólidas sino que también estén alineadas con los requisitos específicos de los diferentes usos. Al comprender las diversas aplicaciones de BIM y Digital Twin, los tecnólogos pueden adaptar sus soluciones para proporcionar las capacidades necesarias y, en última instancia, permitir que los líderes y profesionales alcancen sus objetivos de manera efectiva. Esta alineación fomenta la innovación e impulsa a la industria hacia prácticas más eficientes y sostenibles.

- Practicantes

Los casos de uso permitirán a los profesionales traducir ideas conceptuales en activos tangibles que generen valor y aborden las necesidades de la sociedad, sirviendo como hoja de ruta para la implementación práctica.

Se anima a los profesionales a leer esta Posición sobre casos de uso para aprender cómo evaluar mejor la viabilidad de sus proyectos y conectarlos con objetivos estratégicos más amplios. Su función fundamental radica en alinear los objetivos comerciales con casos de uso prácticos, identificando áreas donde BIM y Digital Twin pueden generar el beneficio más significativo. Al aprovechar estas tecnologías de manera efectiva,

Los profesionales contribuyen a la creación de entornos construidos sostenibles y resilientes que enriquecen la vida y fomentan el bienestar de la comunidad.

3.2. La importancia de los casos de uso

El Subcomité sostiene que:

- (1) Los casos de uso son la piedra angular de BIM y Digital Twin, y
- (2) Establecer casos de uso claros y bien definidos es importante como base para una integración exitosa de BIM y Digital Twin.

3.3. Lógica de la Posición

Antes de elegir una sola herramienta o implementar una aplicación, los casos de uso están a la vanguardia de una estrategia BIM y Digital Twin. Los casos de uso son narrativas que preceden la selección de tecnología, actuando como la historia que inspira el desarrollo y el requisito contra el cual se prueba la implementación. Se diferencian de la implementación real de las tecnologías BIM y Digital Twin y sirven como ilustración de los elementos fundamentales que informan y dan forma a la implementación. Esta secuencia precisa garantiza que los casos de uso no sean una ocurrencia tardía sino un prelude a la implementación, lo que permite un proceso de desarrollo más específico y basado en historias. Al establecer casos de uso desde el principio, se crea un marco detallado para lo que los modelos BIM y los gemelos digitales deben lograr, proporcionando un objetivo claro y comprobable que se distingue de las tecnologías. Este enfoque garantiza que cuando finalmente se seleccionen y pongan en funcionamiento las soluciones BIM y Digital Twin, no sean simplemente tecnologías sofisticadas, sino soluciones impulsadas por un propósito probadas con narrativas y especificaciones específicas de casos de uso predefinidos.

3.4. Subposiciones sobre casos de uso

La posición del Subcomité sobre los casos de uso se basa en conceptos específicos que el equipo identificó en cuatro áreas temáticas (que se describen a continuación).

3.4.1. Aplicabilidad de casos de uso

Los casos de uso ofrecen la claridad y la dirección necesarias para maniobrar dentro de un ecosistema digital complejo y extraer el máximo valor.

La relación entre BIM y Digital Twin se basa en un marco de datos ligado a la claridad de uso.

Casos. BIM se concentra en el diseño de un proyecto, la construcción como DTP y las etapas de operación como DS o CPS. Es detallado y exhaustivo. Por otro lado, Digital Twin va mucho más allá de una representación de activos físicos. Sirven como réplicas digitales, evolucionando constantemente y sincronizándose con otros sistemas como DS y CPS. El espectro de Digital Twin es amplio y abarca innumerables nodos e interacciones potenciales. Si bien es una fortaleza, esta inmensidad requiere la elaboración de casos de uso específicos y enfocados para aprovechar todo el potencial de Digital Twin. Por ejemplo, durante el diseño, se utiliza un BIM para definir una visión de un edificio futuro como DTP, luego, cuando el edificio está en construcción, se pueden utilizar DS y CPS para realizar un seguimiento de la entrega de materiales para crear el activo físico. Una vez completada la construcción, se pueden utilizar DTP, DS y CPS completos para sincronizar el activo físico con el gemelo digital.

Esta intrincada relación entre BIM y Digital Twin, que admite infinitos casos de uso a través de una comunicación dinámica y bidireccional dentro de sistemas ciberfísicos, se ilustra en la Figura 5. Esto muestra la extensa red de interacciones entre los reinos físico y digital, enfatizando el potencial ilimitado de Gemelos Digitales y BIM.

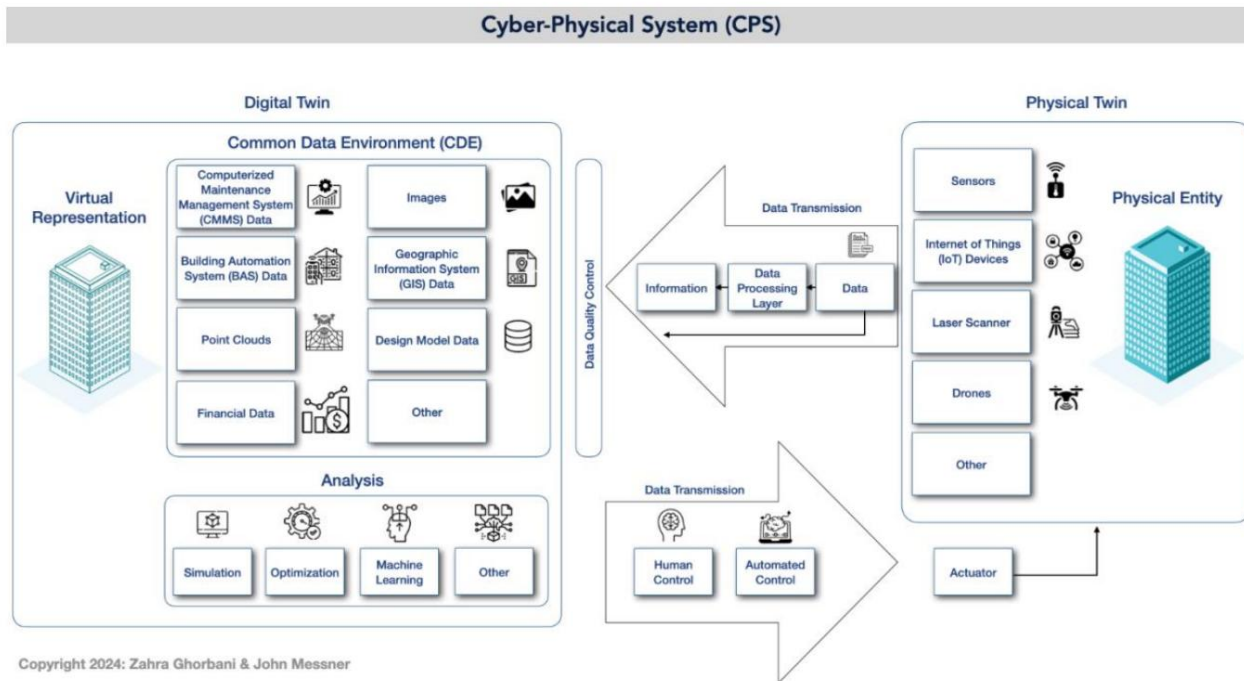


Figura 5: A medida que un DTP y DS de una preconstrucción BIM evoluciona hacia un activo construido, se habilitan los usos de CPS.[2]

Cuando un gemelo digital de un sistema de servicios eléctricos se conecta con un gemelo digital del sistema mecánico de una instalación, la sincronización va más allá del mero intercambio de datos. Esta interacción tiene como objetivo optimizar el uso de energía, beneficiando a la instalación y a la comunidad en general como CPS. Los datos de esta interacción se pueden integrar en el panel de control del propietario, proporcionando información sobre el rendimiento del edificio, garantizando el valor de los activos prestados, fomentando la confianza y ampliando el ecosistema Digital Twin. A través de casos de uso, se crea un ecosistema dinámico que aprovecha todo el potencial tanto de BIM como de Digital Twin.

3.4.2. Estado de las normas

Los estándares BIM y de interoperabilidad de datos existentes proporcionan una base para respaldar los casos de uso de Digital Twin y la sincronización a través de un CPS para aprovechar los marcos actuales y, al mismo tiempo, permanecer abiertos a la integración de avances futuros.

Este enfoque garantiza que la implementación se base en protocolos establecidos y probados, lo que permite una implementación inmediata y un crecimiento escalable a medida que surgen nuevos estándares.

Los estándares BIM existentes de NIBS (como el Estándar Nacional BIM - Estados Unidos® Versión 4) y buildingSmart International (bSI) forman la columna vertebral de un marco de datos unificado donde pueden anclar un ecosistema BIM y Gemelo Digital cohesivo. Específicamente, ISO 19650 permite el seguimiento de espacios, sistemas y activos. Esto se enriquece aún más con estándares BIM como Industry Foundation Classes.

(IFC) y el intercambio de información entre construcción y operaciones (COBie), que, con sus ontologías estructuradas, crean vías para aplicaciones de gemelos digitales. Por ejemplo, un activo dentro del espacio de un edificio puede incorporar fácilmente atributos como sensores, lo que facilita interacciones y sincronización de datos complejas a través de un DS y un CPS.

La complejidad y diversidad inherentes de los enfoques de Digital Twin, a diferencia de la naturaleza homogénea del modelado BIM, selecciona una colección de diversos casos de uso, cada uno de los cuales adopta estándares específicos adaptados a sus componentes, negando el estándar singular y global de Digital Twin. En este gemelo digital En este panorama, recursos como la Tabla Periódica de Capacidades⁵ del Digital Twin Consortium se vuelven fundamentales, ya que brindan información sobre aspectos como la transmisión y el procesamiento de datos, uniendo BIM con dominios avanzados como servicios de datos, inteligencia que incluye Inteligencia Artificial (IA) y aprendizaje automático, todo mientras respetando la naturaleza personalizada de los casos de uso individuales de Digital Twin y habilitando DS y CPS.

Abordar la ausencia de estándares

Aunque los estándares BIM establecidos en la industria desempeñan un papel fundamental para los usuarios, navegar por la intrincada red de gemelos digitales requiere un enfoque más granular cuando no existe un estándar. En lugar de buscar una macroestandarización en todo Digital Twin, el enfoque puede centrarse en garantizar microtransacciones fluidas, esencialmente, los protocolos de protocolo de enlace y sincronización para un DS y CPS a nivel de dispositivo y entre dispositivos, que abarcan varios protocolos y datos inalámbricos. protocolos de traducción. Si bien la ausencia de un estándar no debería obstaculizar las iniciativas BIM y Digital Twin, las transacciones a nivel micro brindan un enfoque para mantener la interoperabilidad y la funcionalidad en diversos dispositivos y plataformas sin la complejidad de una estandarización general. Hacer referencia a DTP, DS y CPS en el uso de estos intercambios y sincronización refuerza la sinergia entre BIM y DT. Este enfoque se ilustra en la Figura 6, que enfatiza la importancia de los estándares de la industria como base y marco de datos para los casos de uso de BIM y Digital Twin que se expanden más allá de los casos de uso de BIM.

⁵ [Tabla periódica de capacidades del consorcio de gemelos digitales](#)

To generate value and benefit from the differences between BIM and DT

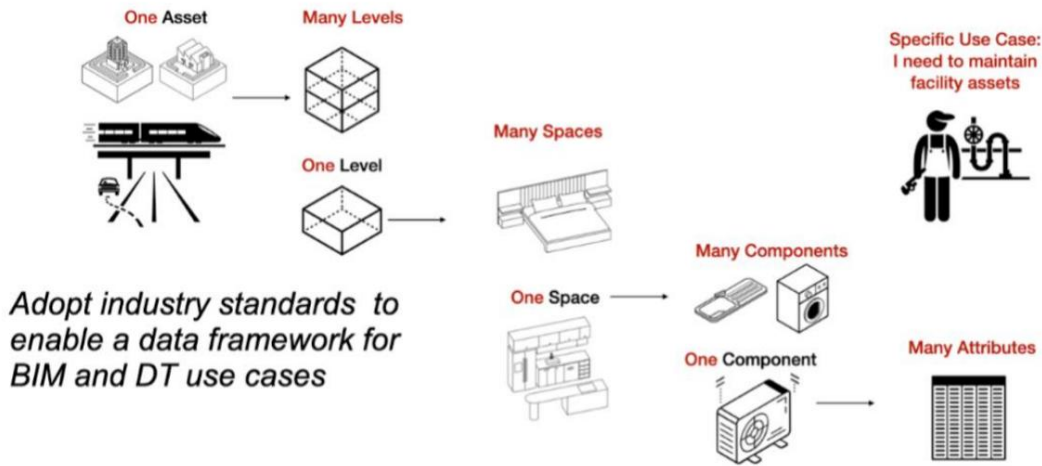


Figura 6: Utilice los estándares industriales existentes para ejecutar casos de uso de BIM y DT. ©ONUMA, Inc. 2024

3.4.3. Relación Físico-Digital

Elegir la solución adecuada para un caso de uso previsto depende de comprender las formas en que BIM y Digital Twin abordan la sincronización de datos físico-digitales.

La sincronización de datos entre entidades físicas y digitales difiere en un Modelo BIM respecto a un Gemelo digital. El resultado del uso de BIM y Digital Twins también es diferente. Ver Figura 7.

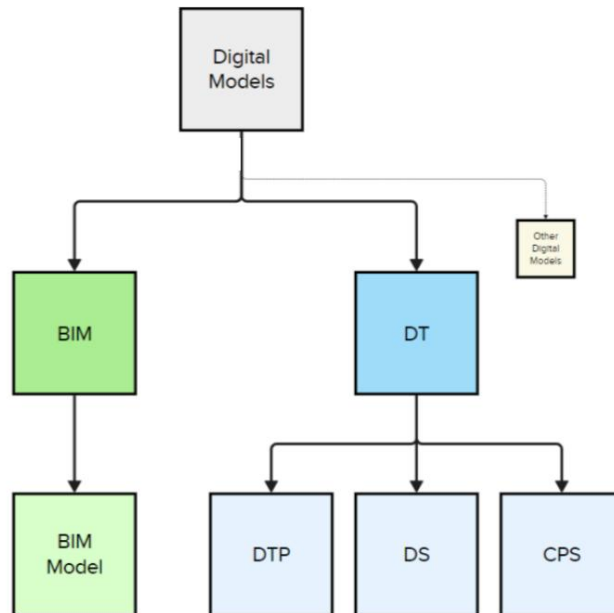


Figura 7 – Relación entre diferentes tipos de modelos digitales.

A diferencia de BIM, una solución BIM y Digital Twin puede ser capaz de proporcionar una sincronización bidireccional perfecta en frecuencias específicas entre las entidades gemelas virtuales y físicas para admitir DS y CPS. Ver Figura 2.

En el contexto del entorno construido, tanto los modelos BIM como los gemelos digitales sirven como representaciones virtuales de un activo físico. La relación entre las entidades físicas y digitales se puede discutir en términos de conexión unidireccional versus bidireccional, flujo de datos manual versus automatizado y representación según diseño versus representación según construcción. Un modelo BIM, como objeto construido digitalmente, ofrece principalmente conexiones unidireccionales y manuales, lo que significa que normalmente no hay flujo de datos desde el activo físico al modelo.

A diferencia de BIM, el enfoque Digital Twin puede establecer una conexión bidireccional entre entidades físicas y digitales. Sin embargo, es posible que dicha conexión no siempre sea deseable para todos los casos de uso de Digital Twin o relevante para cada fase del ciclo de vida de un activo, especialmente porque es posible que el activo físico no exista completamente durante las fases de diseño y construcción. En cualquier caso, una solución Digital Twin puede ser capaz de establecer una conexión bidireccional cuando sea necesario. Además, un gemelo digital El flujo de datos está más automatizado digitalmente que en un modelo BIM, tanto desde el lado físico como desde el digital. (aprovechando una sólida red de Internet de las cosas [IoT]) y desde el lado digital al físico (utilizando capacidades de automatización de infraestructura y edificios integradas dentro de la solución Digital Twin).

IV. Posiciones en ejecución

4. Ejecución

Para pasar del andamiaje conceptual de los casos de uso al ámbito tangible de la ejecución, el Subcomité presenta conceptos que aprovechan plenamente el potencial de BIM y Digital Twin. Esta sección es donde lo teórico se encuentra con lo práctico, articulando el producto mínimo viable para una solución BIM y Digital Twin que tiene como objetivo respaldar el ciclo de vida de los activos a través de agilidad y simplicidad. Se convierte en un facilitador que proporciona un panorama estructurado para que los sistemas inteligentes interpreten, aprendan y actúen en consecuencia. A medida que los ecosistemas BIM y Digital Twin evolucionan y cuentan con el respaldo de la experiencia humana, simultáneamente sientan las bases para casos de uso avanzados, mejorando la capacidad de innovación y la toma de decisiones informadas de la industria AECO. Un marco de datos coherente puede transformar la complejidad de un sistema de sistemas en un conducto optimizado tanto para la inteligencia humana como para la innovación dentro del sector AECO.

La ejecución es muy específica y está diseñada para realizar casos de uso proporcionando una hoja de ruta detallada que garantiza que cada paso dado esté al servicio directo de estos escenarios. Este enfoque de planificación es particularmente crucial en la industria AECO, donde la diversidad de casos de uso potenciales requiere un enfoque disciplinado para evitar una mentalidad única, que podría diluir la efectividad de las estrategias digitales. A medida que se desarrolla la capa de ejecución, también se allana el camino para la siguiente sección sobre marcos de datos. El objetivo es construir una interacción sinérgica entre BIM y Digital Twin, respaldada por los casos de uso que los informan y las estrategias de ejecución que los operacionalizan.

4.1. Intención de la audiencia

Para el público objetivo de este documento, a continuación se describe cómo se pretende recibir las ideas de esta sección.

- Líderes / Responsables de políticas

La ejecución desempeñará un papel crucial a la hora de impulsar la adopción de BIM y Digital Twin dentro de la industria AECO, dando forma al futuro del entorno construido.

Se alienta a los líderes y las políticas a leer esta Posición sobre la Ejecución para garantizar que su visión estratégica se traduzca efectivamente en planes e iniciativas viables. Al centrarse en la ejecución estratégica, los líderes pueden garantizar que los entornos se construyan sobre bases de innovación y sostenibilidad, y fomenten la resiliencia y la prosperidad a largo plazo.

- Tecnólogos

La ejecución implicará el desarrollo de un sistema integrado de sistemas para soportar aplicaciones de diversas partes interesadas, mostrando el potencial transformador de BIM y Digital Twin.

Se anima a los tecnólogos a leer esta Posición sobre la ejecución para garantizar que sus soluciones prioricen una integración perfecta alineada con los objetivos de la organización. Al enfatizar la implementación estratégica, los tecnólogos pueden hacer avanzar la industria mientras satisfacen las necesidades cambiantes e impulsan cambios positivos en el entorno construido. Este enfoque en la ejecución garantiza que las soluciones tecnológicas no sólo cumplan con los requisitos actuales sino que también sienten las bases para avances futuros.

• Practicantes

La ejecución enfatizará el papel fundamental de los profesionales en la implementación de iniciativas BIM y Digital Twin, aprovechando su experiencia para guiar las aplicaciones prácticas a través de la implementación. procesos.

Se anima a los profesionales a leer esta Posición sobre la ejecución para asegurarse de que comprenden las terminologías y metodologías esenciales para la ejecución exitosa del proyecto. Al adoptar los principios de BIM y Digital Twin, los profesionales contribuyen a la creación de espacios y activos que no solo mejoran las vidas sino que también sostienen el medio ambiente.

4.2. La importancia de la ejecución

El Subcomité sostiene que:

- (1) BIM y Digital Twin se pueden ejecutar aprovechando las diferencias entre ambos, y
- (2) BIM puede servir como base para ofrecer gemelos digitales al optimizar la ejecución.

4.3. Lógica de la Posición

La posición sobre la integración de la ejecución de BIM y Digital Twin establece que se logra una sinergia al adoptar y poner en práctica sus distintas características y enfoques de ejecución. Esto se desprende del reconocimiento de que BIM proporciona una representación de activos estática y sólida que Digital Twin puede dar vida, por lo que el Subcomité ve una estrategia que aprovecha BIM como una "estructura fundamental" sobre la cual se superponen los sistemas AECO Digital Twin.

Esto respalda la creencia del Subcomité de que las capacidades integrales de modelado de BIM, cuando se utilizan como andamio para gemelos digitales, pueden agilizar el proceso de ejecución, asegurando una transición perfecta del diseño estático a la operación dinámica. Dicha integración fomenta un ecosistema digital cohesivo donde las capacidades BIM y Digital Twin coexisten y se mejoran entre sí, impulsando la eficiencia y la innovación. Esta lógica es la piedra angular de las estrategias de ejecución detalladas que siguen, cada una de las cuales tiene como objetivo armonizar los casos de uso previstos e integrar flujos de trabajo para capitalizar las fortalezas únicas de BIM y Digital Twin.

4.4. Subposiciones sobre Ejecución

La posición del Subcomité sobre la ejecución se basa en conceptos específicos que el equipo identificó en seis temas. áreas:

4.4.1. Agilidad y Simplicidad

La agilidad y la simplicidad son fundamentales para BIM y Digital Twin, lo que garantiza un marco modular y fácil de usar que simplifica los procesos AECO complejos y permite la sincronización.

Esta posición promueve un sistema de sistemas escalable y adaptable, facilitando la innovación y la accesibilidad en toda la industria AECO y creando valor para el público.

Los gemelos digitales simplifican los procesos complejos, aunque el ecosistema general puede ser infinitamente complejo. Los modelos BIM utilizados en la industria AECO son complejos por diseño ya que la industria es compleja. Las aplicaciones BIM típicas son monolíticas y requieren formación especializada. Digital Twin también es complejo pero simplificado al tratar el conjunto como un sistema de sistemas componibles.

El documento técnico del Digital Twin Consortium, Marco de interoperabilidad del sistema Digital Twin, lo describe de la siguiente manera:

- Un principio clave de este Marco de Interoperabilidad es que todas las entidades que requieran interoperabilidad (incluidos los activos) deben verse y representarse como sistemas.
- Al considerar todo lo que necesita interoperar como un sistema, todo se vuelve simplemente componible y conectable en sistemas de sistemas dinámicos y multinivel. • Todas las entidades (sistemas) son inherentemente componibles para crear hilos digitales y sistemas de sistemas que son críticos para los gemelos digitales.

En el corazón de un ecosistema BIM sincronizado y Digital Twin se encuentra el compromiso con la simplicidad y la agilidad. Anclar el marco de datos con estos dos principios garantiza que siga siendo adaptable, intuitivo, fácil de usar y componible para futuros casos de uso.

Si bien la evolución y madurez de BIM y Digital Twin subrayan la importancia de un marco de datos sólido, la complejidad nunca debería ser una barrera para su adopción. El enfoque de sistema de sistemas para Digital Twin permite resolver una complejidad infinita mediante los nodos de partes componibles.

En respuesta a esta necesidad impulsora, el dinámico panorama digital actual se caracteriza por aplicaciones y herramientas de inteligencia artificial de fácil desarrollo. Esta tendencia indica una fuerte demanda pública de claridad que sólo puede ser implementada de manera confiable por profesionales que reciben estándares sencillos e intuitivos. Satisfacer esta demanda significa crear un marco de datos que democratice el acceso y los beneficios para todos hoy.

Los estándares de datos para BIM ya sientan una base sólida. Estos estándares, que facilitan el intercambio de datos entre plataformas abiertas y propietarias, se pueden aprovechar y ampliar para adaptarse a los requisitos únicos de Digital Twin. Los intercambios de datos BIM suelen ser transaccionales y reflejan hitos específicos del proyecto. Los ejemplos incluyen la transición de datos de IFC entre las fases de diseño y construcción o la transferencia de datos de IFC/COBie a las operaciones de edificios individuales.

Reconocer y aprovechar estos puntos de transacción puede proporcionar una hoja de ruta para integrar el enfoque del gemelo digital en el flujo de trabajo y permitir la sincronización de sistemas.

4.4.2. Productos mínimos viables (MVP)

El MVP de una solución Digital Twin tiene como objetivo aprovechar las capacidades fundamentales que resumen la esencia de los casos de uso de Digital Twin.

Cuando se trata de adoptar e implementar nuevas tecnologías, un punto de partida común es definir un producto mínimo viable (MVP). Este enfoque logra un equilibrio entre costo y valor.

La ejecución exitosa de un gemelo digital mínimo viable no solo muestra la viabilidad y el potencial del gemelo digital, sino que también sienta las bases para aplicaciones más sofisticadas en el futuro.

Dentro del ámbito de Digital Twin, un MVP BIM y Digital Twin ofrece una solución escalable, adaptable y rentable. Su objetivo principal es establecer un BIM funcional y un gemelo digital que ofrezca el máximo valor en función de los usos principales definidos por los usuarios.

Es fundamental distinguir que el MVP es una propiedad de una solución Digital Twin y no del Digital Twin en sí. El MVP se refiere a las características y capacidades esenciales de una solución Digital Twin en lugar de a la gran cantidad de elementos del Digital Twin. Los elementos específicos del activo físico.

incorporados en el Digital Twin están determinados por los usos previstos del Digital Twin y la planificación estratégica de gestión de activos de una organización.

Dada esta comprensión de Digital Twin MVP, es imperativo que los profesionales vinculen los usos deseados de BIM y Digital Twin con las capacidades necesarias. Entre las pocas referencias existentes, la tabla periódica de capacidades de DTC se puede utilizar como guía básica para conocer las capacidades aplicables de los gemelos digitales.

Finalmente, para dilucidar la relación entre BIM y Digital Twin en este contexto, se puede postular que el Modelado BIM está habilitado por soluciones de Digital Twin. En esencia, un gemelo digital, al ser un sistema de sistemas, admite inherentemente ciertas capacidades. Al mismo tiempo, permite la sincronización de capacidades de varios sistemas de información, incluidas las capacidades BIM.

4.4.3. Gestión del ciclo de vida de los activos

BIM y Digital Twin tienen procesos centrados en datos que se pueden utilizar en todas las fases del ciclo de vida de un activo.

Históricamente, es importante señalar que ambas tecnologías han demostrado cada vez más su versatilidad en todas las fases del ciclo de vida de un activo. Por ejemplo, en la fase operativa, BIM ha encontrado usos a través de iniciativas como BIM-FM (Facilities Management), ayudando en tareas como la programación del mantenimiento de activos y la planificación de la utilización del espacio. De manera similar, los gemelos digitales han demostrado ser invaluable durante las fases de diseño y construcción al permitir tareas como desarrollar formularios de diseño, utilizar técnicas de diseño generativo impulsadas por IA y facilitar la ingeniería de valor para diversas alternativas de diseño. Además, el equipo de construcción puede implementar un gemelo digital (o varios gemelos digitales independientes) para el análisis automatizado de la productividad del lugar de trabajo, la optimización de la secuencia de construcción y el control de calidad automatizado.

Comprender las aplicaciones integrales del ciclo de vida de BIM y Digital Twin permite la selección estratégica de las soluciones tecnológicas más adecuadas adaptadas a requisitos específicos. Además, este conocimiento fomenta la innovación al inspirar el desarrollo de casos de uso novedosos para BIM y Digital Twin en diferentes fases del ciclo de vida de los activos. Al aprovechar estas tecnologías de manera efectiva, las partes interesadas pueden mejorar la colaboración, optimizar los procesos y, en última instancia, entregar proyectos más exitosos.

4.4.4. Escalabilidad

Un modelo BIM generalmente se centra en un "único activo de capital", mientras que un gemelo digital generalmente pretende ampliar el horizonte a una escala más amplia.

Cuando se habla de BIM como modelo, normalmente la atención se centra en un único activo de capital como un puente, un único edificio o un sistema de construcción. Aunque se puede crear un modelo federado que contenga múltiples activos, todavía requiere un proceso manual en el que cada modelo BIM se integra individualmente. Por otro lado, el enfoque del Gemelo Digital es capaz de gestionar muchos activos integrados, incluidos edificios e infraestructura en toda una cartera. Esto permite una extracción y agregación fluida de datos de activos, así como una mejor interoperabilidad entre múltiples activos. Aunque las herramientas BIM actuales basadas en la nube tienen como objetivo cerrar esas brechas de escalabilidad entre BIM y Digital Twin, las soluciones emergentes de Digital Twin muestran una mayor fidelidad cuando trabajan con modelos de cartera a gran escala.

Además, el propietario de una propiedad normalmente gestiona numerosos activos dispersos en una cartera y cada activo puede significar una inversión única y un conjunto distinto de objetivos comerciales. Para gestionar esto, se han elaborado reglas y procesos comerciales específicos. Si bien BIM captura los matices estructurales de cada edificio, es posible que no llegue a encapsular las complejidades de estos procesos comerciales en una cartera de activos.

El marco de datos BIM y Digital Twin están conectados a través de un sistema de sistemas y Digital Thread⁶ (que es una representación digital del ciclo de vida de un producto, desde el diseño hasta la fabricación, el mantenimiento y más), que permiten a los usuarios finales no solo capturar los atributos físicos de los activos, sino también entrelazarlos perfectamente con sus procesos de negocio, haciéndolos intrínsecamente sincronizados con cada activo. Imagine una lista de verificación dinámica para cada propiedad, que garantice su alineación con su misión general a lo largo de su ciclo de vida, optimizando el valor desde su inicio hasta su eventual evolución. Particularmente para los sistemas naturales en la cartera de un propietario, como el paisaje, Digital Thread ofrece una ventaja única. El circuito de retroalimentación inherente al Digital Twin está equipado de manera única para garantizar el éxito y el cumplimiento de ese tipo particular de activo.

Expectativa: las soluciones emergentes de gemelos digitales deberían respaldar la interoperabilidad entre diferentes fuentes de datos, independientemente de la solución utilizada para desarrollar y alojar esos gemelos digitales. Este enfoque interconectado, que mejora la gestión de activos mediante la integración de procesos de negocio y atributos físicos, se ilustra en la Figura 8, destacando cómo un marco digital unificado garantiza agilidad y escalabilidad, al tiempo que amplía el enfoque de activos individuales a todo el ciclo de vida de los sistemas vinculados.

To connect the physical to the digital and maximize value of BIM and DT

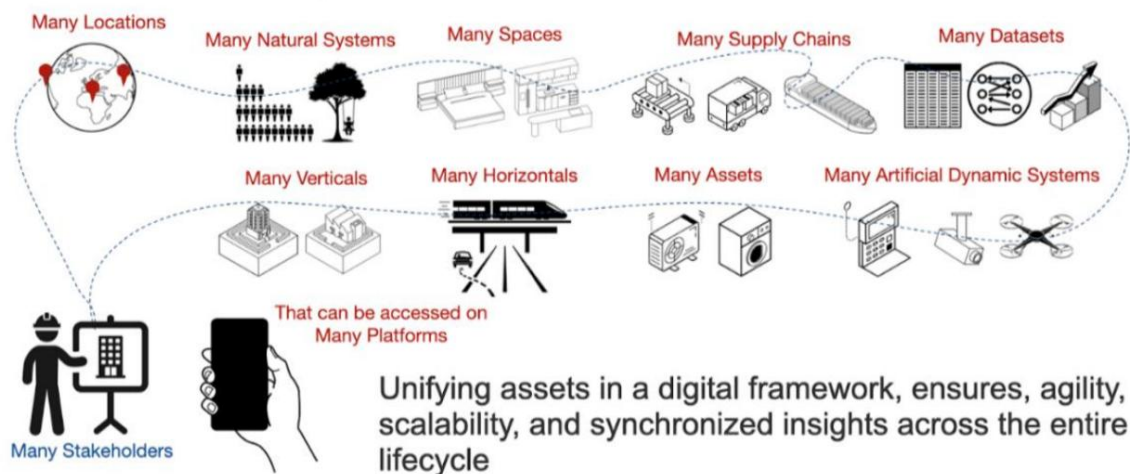


Figura 8 – Ampliar el horizonte de activos individuales al ciclo de vida de activos y sistemas vinculados. ©ONUMA, Inc. 2024

⁶ Puede ver un ejemplo de Digital Thread en <https://www.ibm.com/blog/digital-thread-vs-digital-twin/>

4.4.5. La creación de BIM y el gemelo digital

Aunque similares en términos de sus casos de uso, BIM y Digital Twin son muy diferentes en términos de cómo utilizan los marcos de datos para ofrecer esos casos de uso.

La tecnología BIM ha evolucionado mediante un enfoque ascendente, mientras que Digital Twin se ha desarrollado mediante un enfoque de arriba hacia abajo. A medida que BIM ha evolucionado, ha habido un surgimiento constante y continuo de diversos casos de uso para BIM, cada uno con sus propios requisitos de datos y flujo de trabajo distintos. Además, la ejecución BIM amplió su aplicabilidad desde la fase de diseño hasta la fase de construcción y posterior operación de un proyecto. Sin embargo, las superposiciones entre estos flujos de trabajo desarrollados, junto con frecuentes reelaboraciones durante la ejecución de un nuevo caso de uso e ineficiencias en el intercambio de datos, a menudo han llevado a la industria a establecer estándares BIM y planes de ejecución que no enfatizan la canalización de datos entre las fases ascendentes y descendentes. El resultado es la percepción de que la entrega de casos de uso operativos es una "idea de último momento".

En comparación con estos desarrollos tecnológicos orgánicos, Digital Twin se inclina desde el principio hacia un enfoque más estandarizado. Proporciona estrategias de datos que respaldan la utilización coherente de los datos y la interoperabilidad durante todo el ciclo de vida de un proyecto. Además, Digital Twin se beneficia de una capa de datos independiente (hilo digital) y una capa de aplicación que permite ofrecer flujos de trabajo integrados centrados en los aspectos y capacidades organizacionales para respaldar todos los casos de uso previstos.

El Subcomité considera el Gemelo Digital como un enfoque tecnológico con todos los conocimientos, procesos, capacidades y herramientas prácticos relacionados. Sin embargo, como sistema de sistemas, Digital Twin no es una nueva tecnología digital que aporte nuevas capacidades, sino que permite nuevas integraciones entre varios sistemas (detección y diagnóstico de fallos, Building Information Management, Energy Management Systems, etc.) basadas en los usos previstos. En este sentido, Digital Twin y sus tecnologías asociadas pueden considerarse como un avance significativo más allá de BIM, ya que admite la modularidad de las aplicaciones y proporciona mejores flujos de trabajo e infraestructura para la gobernanza de datos en todas las fases del ciclo de vida de los activos para una mejor entrega digital en la industria AECO.

4.4.6. Ampliando el horizonte: integrando una amplia inteligencia en BIM y el gemelo digital

Ahora es el momento de liderar el uso de la inteligencia artificial (IA) para enriquecer la utilización de BIM y Digital Twin.

La industria AECO ha aprovechado durante mucho tiempo la inteligencia de datos en el diseño y la ingeniería de nuestro entorno, mucho antes de la llegada de BIM y Digital Twin. La distinción que hace esta posición es que el entorno rico en datos de BIM se alinea con el enfoque del Gemelo Digital para permitir el uso de lo último en IA.

El valor de BIM y Digital Twin mejora la inteligencia capturada dentro de BIM. Este marco se articula a través de reglas comerciales, predicción, inteligencia artificial, aprendizaje automático, procesos automatizados y conocimientos humanos.

Este enfoque de la inteligencia permite una aplicación más matizada de BIM y un entorno colaborativo donde las máquinas y los humanos trabajan juntos. Al aprovechar la IA, los datos BIM pueden ser

transformado de información de baja frecuencia, actualizada manualmente y centrada en proyectos a gemelos digitales dinámicos, interactivos y persistentemente relevantes. Esto mejora la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida de los activos.

Un ejemplo de este enfoque es la aplicación de inteligencia de diseño y construcción a las operaciones de los activos. Aquí, un marco de inteligencia permite la aplicación estratégica de la IA, las máquinas y el intelecto humano para interpretar y aprovechar los principios de ingeniería y la física, mejorando la gestión de las instalaciones, el mantenimiento predictivo y el rendimiento general de los activos.

No liderar en este ámbito corre el riesgo de ceder el control a otros que tal vez no comprendan plenamente el potencial de la industria. Al guiar el desarrollo de BIM y Digital Twin, se garantiza que los casos de uso se amplifiquen a través de los datos en BIM, ofreciendo una visión más amplia de la inteligencia habilitada por Digital Twin.

Conclusiones sobre BIM y la inteligencia de gemelos digitales

La integración de BIM y Digital Twin con inteligencia amplia utilizando plataformas digitales gemelas (DTP), sombras digitales (DS) y sistemas ciberfísicos (CPS) está abriendo oportunidades en la industria AECO que ni BIM ni DT podrían lograr por sí solos. Esta sinergia está transformando la gestión y el diseño de proyectos al fusionar la experiencia humana con la IA, lo que permite el análisis de vastos conjuntos de datos para la innovación y la eficiencia.

La automatización a través de DS mejora la precisión y el cumplimiento de BIM, mientras que la combinación de CPS con DT permite actualizaciones en tiempo real de los modelos construidos, lo que facilita una toma de decisiones más rápida e informada. El análisis predictivo aplicado al mantenimiento y las órdenes de trabajo identifica problemas potenciales desde el principio, lo que demuestra cómo el análisis de datos profundo puede gestionar activos de forma proactiva de formas que antes no eran posibles.

Repensar los procesos de construcción y mantenimiento a través de CPS conduce a metodologías más eficientes, utilizando patrones de datos para optimizar las secuencias de tareas. Esta combinación de BIM y DT con tecnologías de inteligencia avanzada presagia una nueva era de eficiencia, innovación y resolución proactiva de problemas.

V. Posiciones sobre los marcos de datos

5. Marcos de datos

Al pasar de la ejecución de los enfoques BIM y Digital Twin, donde se ponen en práctica sus capacidades únicas, ahora los marcos de datos y el "sistema de sistemas" se abordan como un cambio fundamental que amplía la utilidad de BIM y Digital Twin para respaldar casos de uso. En el contexto de BIM y Digital Twin, los estándares de datos sirven como componentes básicos y proporcionan los protocolos y formatos necesarios para la creación, el almacenamiento y el intercambio de datos.

Sin embargo, un marco de datos va más allá y define cómo estos estándares se sincronizan dentro de un ecosistema más grande. Describe las relaciones y los flujos de trabajo que permiten que sistemas dispares trabajen juntos, respaldando una variedad de casos de uso a lo largo del ciclo de vida de los activos. Si bien los estándares de datos garantizan uniformidad y compatibilidad, el marco de datos integra estos estándares en un sistema coherente y flexible que puede crecer y adaptarse con el tiempo.

Este marco aborda las características de la capa de datos BIM y Digital Twin, detallando los requisitos de datos, la estructura de datos y los procesos de desacoplamiento de datos e intercambio de información, todo dentro de los límites de los estándares industriales existentes.

5.1. Intención de la audiencia

Para el público objetivo de este documento, a continuación se describe cómo se pretende recibir las ideas de esta sección.

- Líderes / Responsables de políticas

Los marcos de datos proporcionarán a los líderes conocimientos prácticos sobre cómo comprender el flujo de datos dentro de las organizaciones y aprovecharlos para la toma de decisiones informadas.

Se alienta a los líderes y formuladores de políticas a leer esta Posición sobre los marcos de datos para asegurarse de que comprenden los requisitos fundamentales para la colaboración y la comunicación basadas en datos. Al adoptar marcos de datos, los líderes pueden aprovechar de manera efectiva todo el potencial de BIM y Digital Twin, impulsando la eficiencia y la innovación organizacional.

- Tecnólogos

Los marcos de datos enfatizarán la necesidad crítica de crear plataformas de datos abiertos que integren datos BIM y Digital Twin con información sobre el ciclo de vida, destacando su papel fundamental en la mejora de los resultados del proyecto.

Se anima a los tecnólogos a leer esta Posición sobre marcos de datos para asegurarse de que comprenden la importancia de la sincronización entre BIM y Digital Twin, así como los elementos clave de un marco de datos sólido que respalde la interoperabilidad durante todas las fases de los proyectos de entornos construidos. Al priorizar las plataformas de datos abiertos, los tecnólogos pueden facilitar la colaboración y la innovación, impulsando el avance y la transformación en toda la industria.

- Practicantes

Los marcos de datos serán un requisito previo para la implementación exitosa de BIM con gemelos digitales, ampliando la influencia de los profesionales más allá de la ejecución de proyectos y capacitándolos para dar forma a los ciclos de vida de los activos.

Se anima a los profesionales a leer esta Posición sobre los marcos de datos para asegurarse de que reconocen la importancia de aprovechar los datos para optimizar los resultados del proyecto y mejorar el rendimiento de los activos. Al integrar datos BIM y Digital Twin, los profesionales contribuyen a la sostenibilidad y eficacia a largo plazo de los activos, generando valor tanto para los clientes como para las comunidades.

5.2. La importancia de los marcos de datos

El Subcomité sostiene que:

- (1) Existen sinergias entre los marcos de datos BIM y Digital Twin
- (2) Combinar BIM y Digital Twin sintetiza un valor mayor que la suma de sus partes.

5.3. Lógica de la Posición

Un marco de datos es esencial para capturar la naturaleza multidimensional de los modelos BIM y los gemelos digitales. BIM proporciona un modelo granular y relativamente estático de un activo de capital (una instantánea en el tiempo), mientras que el enfoque del gemelo digital lleva el modelo BIM al continuo del ciclo de vida del activo, introduciendo un elemento dinámico que refleja los cambios del mundo real sincronizados a lo largo del tiempo. La combinación de estos marcos no solo reúne datos; crea una descripción sofisticada del activo, que cambia con el tiempo a medida que el activo adquiere nuevas características, usos y formas. Esta alineación continua mejora la toma de decisiones y la eficiencia operativa a través de la relevancia y el contexto.

La lógica se extiende al marco de datos que no son bloques rígidos, sino entidades maleables dentro de un ecosistema digital, capaces de evolucionar con los activos que representan. Lo que sustenta esto es la suposición de que, si bien BIM sobresale en la organización de relaciones y procesos, Digital Twin prospera manteniendo las conexiones de datos y el cambio. Juntos, forman una visión integral más significativa que la suma de sus partes. Con este entendimiento fundamental, a continuación se proporciona una discusión de las posiciones individuales que fundamentan esta postura de alto nivel.

5.4. Subposiciones sobre marcos de datos

La posición del Subcomité sobre los marcos de datos se basa en conceptos específicos que el equipo identificó en cuatro áreas temáticas (que se describen a continuación).

5.4.1. Requerimientos de datos

Una diferencia fundamental entre la ejecución BIM y Digital Twin está en la naturaleza de sus requisitos de datos estáticos y dinámicos.

Para integrar con éxito BIM y Digital Twin, es necesario comprender sus diferencias en términos de requisitos de datos, ya que los entregables de BIM no necesariamente proporcionan todos los datos necesarios para un caso de uso de Digital Twin determinado.

Un modelo BIM rico en datos abarca datos estáticos, como datos espaciales que brindan detalles sobre el posicionamiento de los elementos, datos geométricos que cubren las formas y tamaños exactos de los elementos y atributos de activos que resaltan aspectos específicos como los materiales utilizados, los detalles del fabricante y más. Al considerar la categorización de información ISO 19650 (información organizacional, de proyectos y de activos), un modelo BIM ofrece principalmente los atributos de un activo. Por lo tanto, un producto BIM normalmente comprende

el modelo BIM y otros documentos de datos complementarios para cumplir con los requisitos de datos de los usuarios (como manuales técnicos y especificaciones).

En una implementación de Digital Twin, no solo se recopilan datos de atributos relativamente estáticos como un DTP, como un modelo BIM, sino también datos dinámicos utilizando dispositivos como sensores de IoT y sistemas de control como un DS o CPS. Los datos dinámicos provienen de los activos construidos, como los sistemas del edificio y los ocupantes. Estos datos proporcionan información inmediata y continua, que refleja el rendimiento en tiempo real de los sistemas del edificio, los patrones de los ocupantes e incluso los impactos ambientales inmediatos. En última instancia, los requisitos de datos están determinados por los usos previstos del gemelo digital y todos los datos esenciales se sincronizan a través del hilo digital con una frecuencia y fidelidad específicas.

En esencia, si bien BIM ofrece una estructura digital fundamental, Digital Twin puede aprovecharla, animando la estructura con datos en tiempo real y más. La clave es comprender y respetar las fortalezas de cada uno y aprovechar al máximo sus capacidades.

5.4.2. Estructura de datos

BIM se puede utilizar como base para ejecutar Digital Twin.

BIM y Digital Twin pueden trabajar de la mano para ofrecer de manera efectiva una variedad de usos. Sin embargo, para integrarlos perfectamente en la pila tecnológica de una empresa, es crucial comprender los requisitos previos para emplear BIM dentro de un marco de Gemelo Digital. En primer lugar, cabe señalar que es posible que BIM no abarque toda la información necesaria para la operación, gestión y optimización exitosa de un activo. Por ejemplo, aunque un modelo BIM podría incluir información técnica como la secuencia de funcionamiento o la capacidad del equipo HVAC, normalmente no lo hace. Este es el tipo de información que un administrador de instalaciones necesita para un control y monitoreo efectivo de HVAC y es útil para los gemelos digitales DS y CPS. Además, no todos los usos de Digital Twin requieren datos típicamente proporcionados por BIM, como los atributos geométricos y espaciales de los elementos.

Otra diferencia significativa radica en la estructura u ontología inherente de un modelo BIM frente a un gemelo digital. La estructura de BIM suele ser más jerárquica y se basa en una relación padre-hijo entre los elementos del modelo. Por ejemplo, la categoría de sistemas HVAC podría abarcar subcategorías como unidades de tratamiento de aire, que además pueden albergar distintos tipos de unidades de tratamiento de aire (AHU). Por el contrario, un gemelo digital adopta un modelo de nodo y borde, lo que permite el establecimiento de relaciones diversas, de muchos a muchos, entre elementos. Esta configuración permite vincular una AHU con variables como horarios de ocupación y datos de calidad del aire interior (IAQ) en tiempo real, lo que mejora el potencial de optimización del rendimiento. Como sistema de sistemas, un Digital Twin va más allá del enfoque de proyecto de BIM y tiene conexiones con el medio ambiente, ciudades enteras y el mundo.

Los modelos BIM se pueden aprovechar como base para la implementación del gemelo digital. Sin embargo, esto exige una determinación clara de los requisitos de datos y, cuando sea necesario, la aplicación de técnicas de modelado de datos para reestructurar y alinear los datos derivados de BIM con el marco de datos del Gemelo Digital. Esta comprensión matizada de los requisitos y estructuras de los datos forma el marco para la integración de los sistemas BIM y Digital Twin, como se muestra en la Figura 9. El primer diagrama ilustra la relación jerárquica de uno a muchos típica de los modelos BIM, mientras que el segundo muestra la relación compleja, Relaciones de muchos a muchos nodos características de los marcos de Digital Twin.

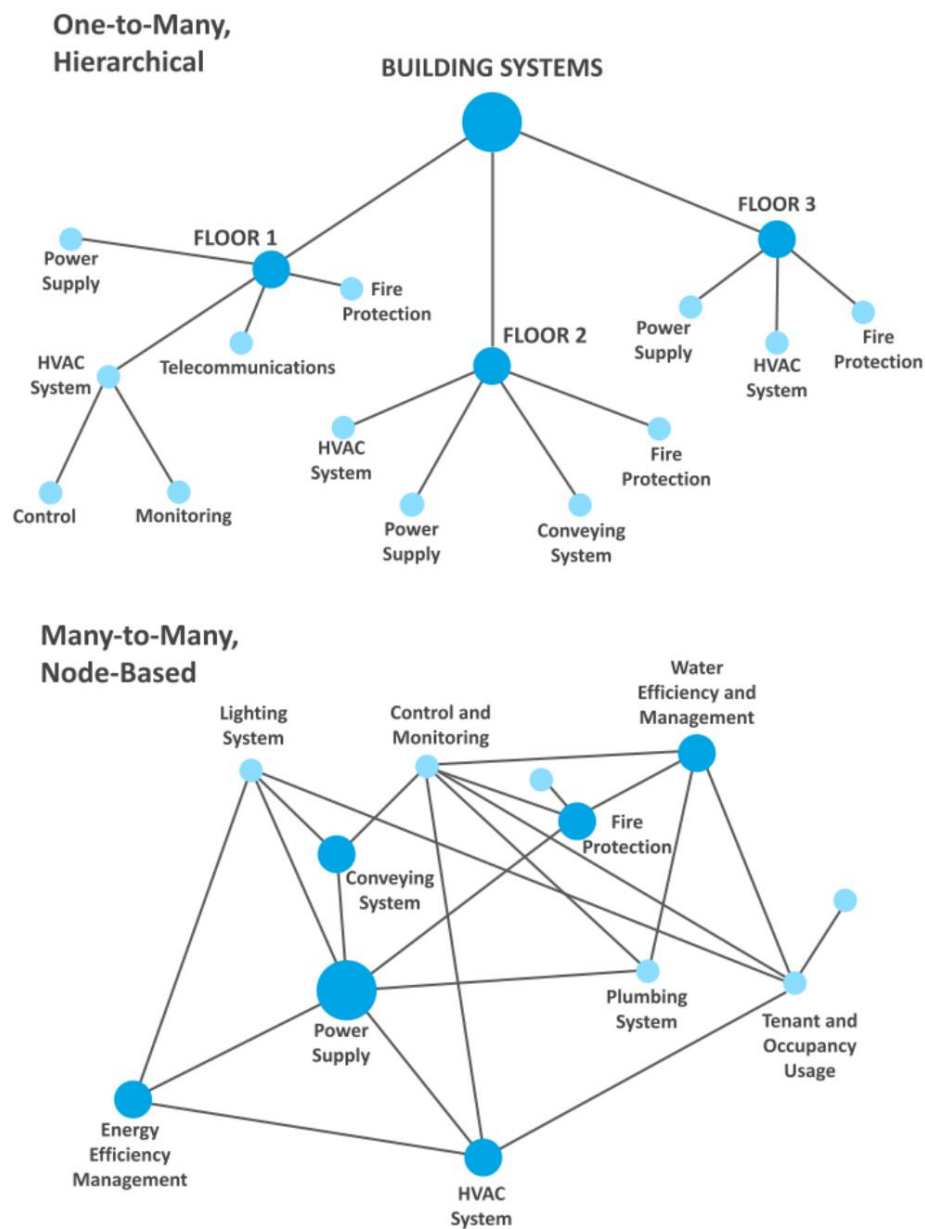


Figura 9: Comparación entre estructuras de datos nativas BIM (arriba) y gemelos digitales (abajo)

5.4.3. Datos desacoplados

En el ecosistema BIM y Digital Twin, el desacoplamiento surge como una mejora del enfoque de BIM en flujos de trabajo centrados en proyectos y el intercambio de modelos de fases específicas a través de estándares abiertos. Este enfoque, si bien es fundamental para fases específicas de proyectos o colaboraciones en equipo, a menudo limita el alcance de la utilidad de los datos a intercambios estáticos y aplicaciones aisladas.

El desacoplamiento en el contexto de DT trasciende estos límites, abogando por una interacción de datos dinámica y continua entre sistemas habilitada por un amplio espectro de servicios de datos destacados en el

El marco del Digital Twin Consortium, que incluye sincronización, frecuencia, fidelidad y transmisión de datos⁷. Esta capacidad facilita una transferencia incremental de datos en tiempo real, mejorando la agilidad operativa de Digital Twin y permitiendo una aplicación más matizada de datos BIM a lo largo de todo el ciclo de vida de los activos.

Al adoptar el desacoplamiento, BIM y DT pueden aprovechar los métodos tradicionales de intercambio de datos y análisis avanzados, aprendizaje automático y modelado predictivo, que son cruciales para optimizar las operaciones, el mantenimiento y la toma de decisiones estratégicas. Esto amplía la aplicación de los datos BIM, yendo más allá de los cronogramas de proyectos convencionales para respaldar una amplia gama de casos de uso, desde la gestión de activos hasta iniciativas de sostenibilidad.

Esta transición hacia un ecosistema de datos dinámico y desacoplado mejora la interoperabilidad y la eficiencia de Digital Twin. Subraya la necesidad de una visión más amplia del papel de BIM dentro del marco del Gemelo Digital, allanando el camino para aplicaciones innovadoras y eficiencias operativas en el entorno construido.

Conclusiones sobre los datos

desacoplados El desacoplamiento de datos en el marco de BIM y el ecosistema Digital Twin marca un giro significativo, permitiendo una asociación perfecta entre las formas paramétricas de BIM y sus ubicaciones físicas con datos que existen más allá de los límites de los usos tradicionales de BIM. Esta sincronización de datos constituye la piedra angular del hilo digital, facilitando un flujo multidimensional de conocimientos que Digital Twin explota en una gran variedad de aplicaciones. Al trascender la naturaleza centrada en proyectos de BIM, los datos desacoplados permiten que los conocimientos abarquen no solo varios proyectos sino también regiones, países y a lo largo del tiempo, ofreciendo una vista panorámica de la gestión de activos, la estrategia operativa y los esfuerzos de sostenibilidad a escala global. Este cambio no sólo amplifica el potencial de la inteligencia entre proyectos, sino que también permite la interconexión y la eficiencia dentro del entorno construido. Este cambio hacia un ecosistema de datos dinámico y desacoplado se ilustra con más detalle en la Figura 10, que delinea las cuatro capas del marco de datos: la capa de casos de uso, la capa de aplicación, la capa de datos y la tecnología de comunicación de información en la base. Este marco subraya la importancia de separar los datos de las aplicaciones, mejorando la interoperabilidad y la eficiencia operativa dentro de BIM y Digital Twins.

⁷ Flujo continuo y en tiempo real de datos de diversas fuentes a un sistema de gemelo digital. Este concepto es crucial para mantener una representación actualizada de un activo físico, proceso o sistema en su contraparte digital.

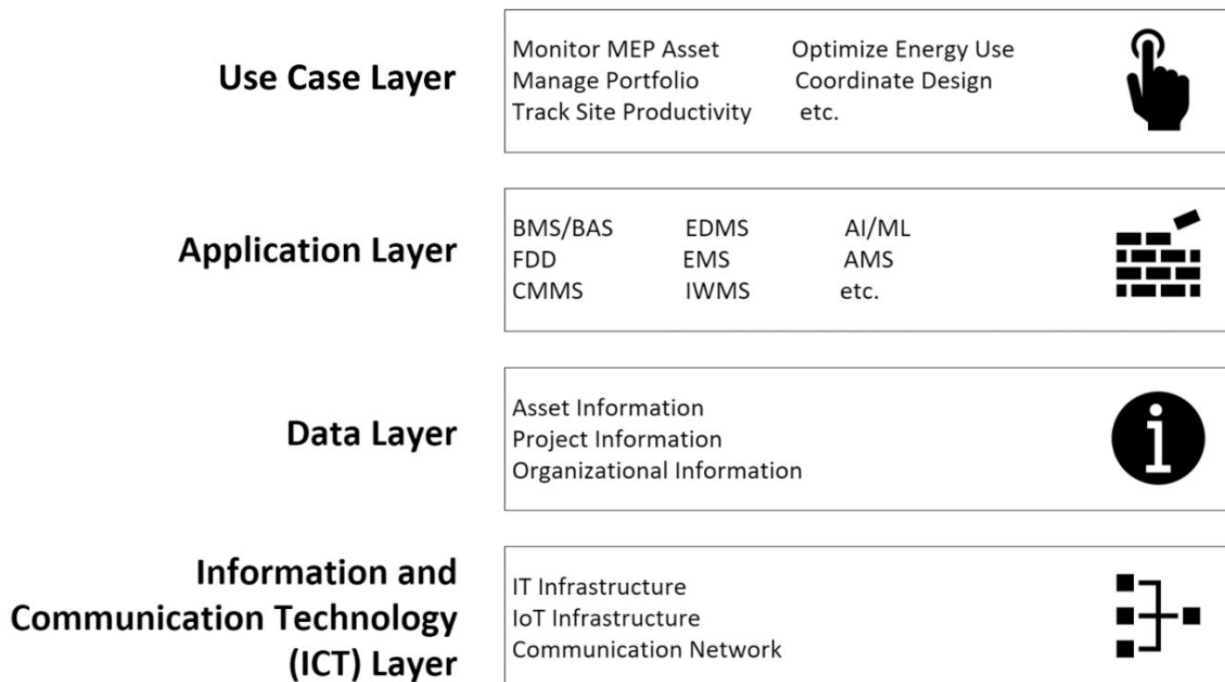


Figura 10 – Marco de datos para desacoplar datos de aplicaciones

5.4.4. Intercambiando información

El intercambio de información en BIM se basa en el intercambio de archivos utilizando múltiples plataformas, mientras que en Digital Twin se basa en hilos digitales que permiten un sistema de sistemas Digital Twin.

BIM ha transformado la forma en que colaboran los profesionales de la construcción y el diseño, pero su implementación generalmente requiere el uso de múltiples estándares de datos, como IFC, COBie y otros. Estos estándares facilitan el intercambio y la interoperabilidad de información entre diferentes plataformas y herramientas durante las fases de diseño, construcción y operación de un proyecto. Dada la naturaleza compleja de los proyectos de construcción y los diversos ecosistemas de software empleados por las distintas partes interesadas, este enfoque para compartir información se convierte en un aspecto fundamental de BIM, asegurando que cada miembro del equipo del proyecto pueda acceder y trabajar sin problemas con los datos necesarios, independientemente de las herramientas que ellos están usando. Aunque el uso de entornos de datos comunes (CDE) ha mejorado el proceso de intercambio de información, todavía existen ineficiencias técnicas y organizativas asociadas con el intercambio y la gobernanza de datos.

Por otro lado, Digital Twin aprovecha un sistema de sistemas o hilo digital como mecanismo de sincronización de datos. En lugar de depender de numerosas plataformas y estándares para compartir información, el hilo digital ofrece un flujo de datos continuo y unificado durante todo el ciclo de vida de un activo. Este flujo de datos interconectados impulsa diferentes usos del gemelo digital, permitiendo el acceso a datos confiables y actualizados, fomentando la eficiencia y reduciendo el potencial de discrepancias o silos de datos. El hilo digital adopta un enfoque eficiente para la interoperabilidad de datos y la infraestructura necesaria de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Lo logra sincronizando datos de fuentes heterogéneas en frecuencias predeterminadas y en función de los datos digitales previstos.

Usos gemelos.

VI. Conclusión

6. Conclusión

Para este documento de posición, el Subcomité de Integración del Gemelo Digital se propuso explorar y comprender la relación entre los enfoques BIM y Gemelo Digital para la gestión de activos en el entorno construido. Al principio del esfuerzo por generar claridad para la industria AECO, el equipo pudo ver que la relación era de naturaleza integradora, pero necesitaba una revisión exhaustiva y perspicaz para confirmar esta idea. Después de meses de investigación y discusión, esta idea finalmente resultó ser cierta, y así se reflejó en la Posición de Alto Nivel del Subcomité sobre la integración de los enfoques de BIM y Digital Twin.

Los puestos enumerados en este documento forman una colección de ideas que van más allá del simple apoyo al puesto de alto nivel, sino que también lo abordan impulsando y guiando acciones futuras. En este sentido, pueden verse como una lista de verificación que se incorporará en esfuerzos futuros. Al garantizar diligentemente que estos conceptos se consideren y aprovechen de la manera adecuada, los administradores de la industria AECO (como el Consejo de Tecnología Digital NIBS y el Grupo de Trabajo DTC AECO) pueden comenzar sus esfuerzos con una colección completa de conocimientos innovadores y formados en colaboración. A través de este documento, los miembros de este Subcomité pueden apoyar a estos administradores mientras guían a los profesionales y al público a través de un desafío de intereses en competencia institucionalizados, rápidos cambios tecnológicos y tendencias humanas básicas.

6.1 Llamado a la acción

Los siguientes llamados a la acción están alineados con las declaraciones de posición. Están elaborados para galvanizar líderes de la industria, tecnólogos y profesionales en pasos decisivos que capitalizarán las fortalezas de BIM y Digital Twin.

Ahora es el momento de aprovechar esta fortaleza para crear valor e impulsar la eficiencia, la precisión y la sostenibilidad en proyectos y procesos.

6.1.1. Involucrar al Subcomité de Integración de Gemelos Digitales de NIBS

- Solicitar aclaraciones y/o mayores debates sobre las posiciones enumeradas en este documento.
- Incorporar a los miembros del Subcomité en iniciativas de alineación y gestión de la industria.
- Abogar por más herramientas del Consejo de Tecnología Digital NIBS y del DTC AECO Grupo de trabajo.

6.1.2. Abordar la percepción pública sobre BIM y el gemelo digital

- Dentro de sus propios grupos y organizaciones, sondee opiniones internas y aborde abiertamente los problemas de percepción que influyen en su transformación BIM y/o Gemelo Digital. esfuerzos (es decir, el uso de definiciones clave, obstáculos para la implementación o comportamientos de adopción).
- Formar, apoyar y promover esfuerzos que busquen deliberadamente involucrar, comprender y dirigirse al público.

- Identificar y apoyar/reconocer públicamente a personas, grupos y personas excepcionales. organizaciones dedicadas a la gestión inclusiva y colaborativa de la transformación digital de AECO.
- Establecer la "percepción pública" como un tema formal en la formulación de políticas de BIM y Gemelo Digital. esfuerzos para abordar cómo la percepción del público en general impacta y es impactada por estos esfuerzos; Evaluar/comparar la percepción del público en general con los conceptos de la industria.
- Fomentar y/o formalizar relaciones con organizaciones de Gemelos Digitales intersectoriales, como NIBS, las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Matemáticas (NAS) y el Consorcio de Gemelos Digitales (DTC).
- Desarrollar, influir e implementar estrategias de adopción nacionales para los gobiernos estatales y federales. agencias, particularmente en la promoción de políticas contractuales y definiciones que estén calibradas según la comprensión del público; minimizar la confusión, los retrasos y el bajo rendimiento.

6.1.3. Implementar y estandarizar BIM y Digital Twin

- Adoptar activamente estándares de interoperabilidad para BIM y Digital Twin.
- Alinear directamente las estructuras de datos y abogar por el uso, desarrollo, implementación y mejora continua del hilo digital.

6.1.4. Optimice la gestión de datos para BIM y Digital Twin

- Realizar análisis exhaustivos del flujo de datos y adaptar estrategias de gestión de datos.
- Priorizar la flexibilidad y accesibilidad de los datos en el diseño e implementación del sistema.

6.1.5. Refinar los casos de uso de BIM y gemelos digitales

- Identificar y documentar claramente casos de uso y roles específicos.
- Participar en el análisis de brechas para mejorar la integración de BIM y Digital Twin.

6.1.6. Desarrollo avanzado y escalamiento de BIM y Digital Twin

- Utilizar BIM como base para crear aplicaciones integrales de Digital Twin.
- Desarrollar modelos escalables de Digital Twin y extender su aplicación a carteras más grandes.
- Fomentar prácticas innovadoras en la gestión del ciclo de vida de los activos para integrar BIM y Digital. Mellizo.



VII. Referencias

7. Referencias

- [1] Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción. (2023). Estándar Nacional BIM - Estados Unidos® Versión 4 - Términos y Definiciones.
- [2] Ghorbani, Z. y Messner, JI (2024). Un enfoque categórico para definir los gemelos digitales en la industria AECO. *Revista de tecnología de la información en la construcción (ITcon)*, 29(10), 198–218. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2024.010>
- [3] Deng, M., Menassa, CC y Kamat, VR (2021). De BIM a gemelos digitales: una revisión sistemática de la evolución de las representaciones de edificios inteligentes en la industria AEC-FM. *Revista de tecnología de la información en la construcción (ITcon)*, 26(5), 58–83. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.005>
- [4] Nguyen, TD y Adhikari, S. (2023). El papel de BIM en la integración del gemelo digital en la construcción de edificios: una revisión de la literatura. *Sostenibilidad*, 15(13), 10462. <https://doi.org/10.3390/su151310462>
- [5] Mbabu, A., Underwood, J. y Munir, M. (julio de 2023). El proceso de madurez BIM hacia el gemelo digital para una gestión de instalaciones estratégica y ajustada. En *Conferencia EC3 2023 (Vol. 4, págs. 0-0)*. Consejo Europeo sobre Informática en la Construcción.
- [6] Keskin, B., Salman, B. y Koseoglu, O. (2022). Diseño de una plataforma gemela digital basada en BIM para la gestión de activos aeroportuarios: una ingeniería de sistemas basada en modelos con enfoque SysML. *Revista de Ingeniería y Gestión de la Construcción*, 148(5), 04022020. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002271](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002271)
- [7] Eneyew, DD, Capretz, MAM y Bitsuamlak, GT (2022). Hacia gemelos digitales de construcción inteligente: integración de datos BIM e IoT. *Acceso IEEE*, 10, 130487–130506. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3229370>
- [8] Shi, J., Pan, Z., Jiang, L. y Zhai, X. (2023). Una metodología basada en ontología para establecer un modelo de información urbana de ciudad gemela digital fusionando BIM, GIS e IoT. *Informática de Ingeniería Avanzada*, 57, 102114. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102114>
- [9] Liu, D., Sun, C., Chen, J. y Liu, L. (2023). Gemelo digital multisensorial y BIM integrado para mejorar la seguridad en las excavaciones urbanas. *Revista de Computación en Ingeniería Civil*, 37(5), 04023025. <https://doi.org/10.1061/JCCEE5.CPENG-5354>
- [10] ¿Qué es la metodología ágil? | McKinsey. (2023). <https://www.mckinsey.com/featured-insights/explicadores-mckinsey/qué-es-ágil>
- [11] inteligencia artificial. (Dakota del Norte). Referencia de Oxford. <https://doi.org/10.1093/oi/authority.20110803095426960>
- [12] ISO 55000:2014(es) Gestión de activos. Descripción general, principios y terminología. (2014). YO ASI.
- [13] Van Schalkwyk, P. (2022). Tabla periódica de capacidades de los gemelos digitales: guía del usuario del consorcio de gemelos digitales. Consorcio de Gemelos Digitales (DTC).

- [14] ISO, B. (2018). ISO 19650-2: 2018. Organización y digitalización de información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluido el modelado de información de construcción (BIM) -Gestión de la información mediante el modelado de información de construcción. Parte 2.
- [15] Normas de datos | recursos.data.gov. (Dakota del Norte). Obtenido el 16 de julio de 2023 de <https://resources.data.gov/standards/concepts/>
- [16] Informe de la Casa Blanca de Obama. (Dakota del Norte). <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/omb/egov/digital-government/digital-government-strategy.pdf>
- [17] Marr, B. (2023). ¿Qué es la democratización de datos? Una explicación súper simple y los pros y los contras clave. Forbes. Obtenido el 26 de diciembre de 2023 de <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/07/24/what-is-data-democratization-a-super-simple-explanation-and-the-key-pros-y-contras/>
- [18] Budiardjo, A. y Migliori, D. (2021). Marco de interoperabilidad del sistema de gemelos digitales: documento técnico del consorcio de gemelos digitales. Consorcio de Gemelos Digitales (DTC).
- [19] Levin, SA (1998). Los ecosistemas y la biosfera como sistemas adaptativos complejos. *Ecosistemas*, 1(5), 431–436. <https://doi.org/10.1007/s100219900037>
- [20] Producto mínimo viable, n. significados, etimología y más | Diccionario de ingles Oxford. (Dakota del Norte). Obtenido el 7 de diciembre de 2023 de https://www.oed.com/dictionary/minimum-viable-product_n?tl=true
- [21] Samuel, AL (2000). Algunos estudios en aprendizaje automático utilizando el juego de damas. *Revista IBM de investigación y desarrollo*, 44 (1.2), 206–226. <https://doi.org/10.1147/rd.441.0206>
- [22] Noy, NF y McGuinness, DL (2001). Desarrollo de ontologías 101: una guía para crear su primera ontología [Informe técnico]. Informe técnico del Laboratorio de sistemas de conocimiento de Stanford KSL-01-05 e Informe técnico de informática médica de Stanford SMI-2001-0880. http://iris.cnrs.fr/alain.mille/enseignements/Ecole_Centrale/What%20is%20an%20ontology%20y%20por%20qué%20nosotros%20necesitamos%20it.htm
- [23] El consorcio Digital Twin define el gemelo digital. (2020, 3 de diciembre). Sitio web del Consorcio Digital Twin. <https://www.digitaltwinconsortium.org/2020/12/digital-twin-consortium-defines-digital-twin/>
- [24] Definición de software propietario: Glosario de tecnología de la información de Gartner. (2023). Garner. Obtenido el 26 de diciembre de 2023 de <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/proprietary-software>
- [25] Definición de sincronización de datos: Glosario de tecnología de la información de Gartner. (2023). Garner. Obtenido el 26 de diciembre de 2023 de <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/data-synchronization>
- [26] Maier, MW (1998). Principios de arquitectura para sistemas de sistemas. *Ingeniería de sistemas*, 1 (4), 267–284. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6858\(1998\)1:4<267::AID-SYS3>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6858(1998)1:4<267::AID-SYS3>3.0.CO;2-D)

- [27] NIST (2020). Internet de las cosas - Glosario | CSRC.
https://csrc.nist.gov/glossary/term/internet_of_things. Consultado el 24 de junio de 2024.

VIII. Apéndices

Apéndice A: Definiciones

Tabla 1 Definición de términos utilizados en este documento

Término	Definición	Referencia
Ágil	Una organización ágil se caracteriza por ser una red de equipos habilitada por la tecnología que tiene una cultura centrada en las personas y opera en ciclos rápidos de aprendizaje y decisión.	[10]
Agilidad	La agilidad combina velocidad y adaptabilidad con estabilidad, proporcionando una ventaja competitiva en condiciones inciertas.	[10]
Inteligencia artificial (IA)	La teoría y el desarrollo de sistemas informáticos capaces de realizar tareas que normalmente requieren de la inteligencia humana, como la percepción visual, el reconocimiento del habla, la toma de decisiones y la traducción entre idiomas.	[11]
Activo	Artículo, cosa o entidad que tiene valor potencial o real para una organización. Esto puede incluir activos físicos, como hardware, software e información. También puede incluir activos intangibles, como propiedad intelectual, reputación y relaciones con los clientes.	[12]
Información de construcción Gestión (BIM)	Funciones de controlar la adquisición, análisis, retención, recuperación y distribución de información de activos del entorno construido, todo dentro de un sistema de procesamiento de información. (Nota: dentro del término, "edificio" se refiere al proceso de construcción de un activo del entorno construido, no a un tipo específico de instalación. BIM es una función que se puede implementar en todo tipo de activos del entorno construido, incluidos edificios, puentes, carreteras, túneles, plantas de proceso, paisajes y otros tipos de infraestructura e instalaciones).	[1]
Información de construcción Modelo (Modelo BIM)	Una representación digital compartida de las características físicas y funcionales de un activo del entorno construido.	Adaptado de [1] – agregó la palabra "BIM" al acrónimo
Información de construcción Modelado (Modelado BIM)	Generar y utilizar una representación digital compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación para formar una base confiable para las decisiones.	Adaptado de [1] – agregó la palabra "BIM" al acrónimo
Capacidad	La capacidad es la capacidad de realizar ciertas acciones o lograr ciertos resultados. La capacidad de perforar un agujero es un ejemplo sencillo de capacidad. Existen múltiples casos de uso que requieren agujeros y cada uno de ellos tendrá requisitos únicos en términos de tamaño, profundidad o sustancia que se perfora. Esta puede ser una de las muchas capacidades necesarias para completar un proyecto en el que el agujero sea parte de una solución exitosa.	[13]
Datos común Medio Ambiente (CDE)	Una fuente de información acordada para cualquier producto o activo determinado, para recopilar, gestionar y difundir cada contenedor de información a través de un proceso gestionado.	[14]
Componente	Las instancias individuales de los productos y equipos definidos en la tabla de datos Tipo [dentro del esquema de datos COBie]	[1]

Gemelos digitales componibles	Composable Digital Twins (CDT) es un enfoque de desarrollo de aplicaciones para Digital Twins que se basa en el patrón arquitectónico empresarial componible. Las aplicaciones componibles, como CDT, se centran en una generación de valor más rápida, una orquestación basada en servicios y la reutilización de capacidades empresariales empaquetadas para desarrollar y adaptar aplicaciones a medida que evolucionan los requisitos empresariales.	[13]
Estándar de datos	Un estándar de datos es una especificación técnica que describe cómo se deben almacenar o intercambiar datos para la recopilación e interoperabilidad consistente de esos datos entre diferentes sistemas, fuentes y usuarios.	[15]
Datos desacoplados	Un enfoque centrado en la información desacopla la información de su presentación. Significa comenzar con los datos o el contenido, describir esa información claramente y luego exponerla a otras computadoras en un formato legible por máquina, lo que comúnmente se conoce como proporcionar API web.	[dieciséis]
Democratización de los datos	Proporcionar a todos acceso a los datos sin guardianes que creen cuellos de botella. Este enfoque requiere que el acceso a los datos vaya acompañado de medidas adecuadas para garantizar su uso eficaz.	[17]
Hilo digital	Un hilo digital es un mecanismo para correlacionar información en múltiples dimensiones de la representación virtual, donde las dimensiones incluyen (pero no se limitan a) el tiempo o la etapa del ciclo de vida (incluida la intención del diseño), el tipo de modelo y el historial de configuración.	[18]
Gemelo digital	Un gemelo digital de un activo es una representación virtual inteligente y adecuada para su propósito sincronizada en frecuencias específicas, con una conexión existente o planificada entre el gemelo virtual y físico que puede incluir análisis y la capacidad de activar cambios físicos desde el virtual. mellizo	[2]
Sistema gemelo digital	Un sistema Digital Twin es un sistema de sistemas que implementa un Digital Twin.	[18]
Cibergemelo digital Sistema físico (CPS)	Un sistema ciberfísico (CPS) es una representación virtual de un activo con flujo de datos bidireccional entre los gemelos digitales y físicos, que a menudo incluye una capa de actuación.	[2]
Prototipo de gemelo digital (DTP)	Un prototipo de gemelo digital (DTP) es una representación virtual de un activo construido diseñado para conectarse al activo físico en el futuro.	[2]
Sombra digital (DS)	Una Sombra Digital (DS) es una representación virtual de un activo construido con un flujo de datos desde el activo construido a su Gemelo Digital.	[2]
Uso de gemelos digitales	El propósito de aplicar el Gemelo Digital	Adaptado de [1]
Caso de uso del gemelo digital	Una aplicación específica del uso de un gemelo digital para agregar valor a un(os) proyecto(s) o parte(s)	Adaptado de [1]
Ecosistema Digital	Sistemas de software que explotan las propiedades de los ecosistemas biológicos, que son robustos, escalables y autoorganizados.	[19]
Internet de las cosas (IoT)	La red de dispositivos que contiene el hardware, software, firmware y actuadores que permiten que los dispositivos se conecten, interactúen e intercambien libremente datos e información.	[27]
Producto mínimo viable (MVP)	Una versión inicial y básica de un producto (normalmente un programa informático o una pieza de tecnología) que cumple con los requisitos mínimos necesarios para su uso pero que puede adaptarse y mejorarse en el futuro, especialmente después de recibir comentarios de los clientes.	[20]

Aprendizaje automático (ML)	La capacidad de la computadora para aprender algo sin ser programada explícitamente.	[21]
Ontología	Una descripción formal y explícita de los conceptos en un dominio del discurso, propiedades de cada concepto que describen varias características y atributos del concepto, y restricciones en el espacio.	[22]
Software propietario	El software propietario es propiedad de una organización o un individuo, a diferencia del "software de dominio público", que se distribuye libremente. La explosión en el uso de Internet ha ampliado el alcance del software de dominio público, ya que ahora es mucho más fácil transmitir estos programas. Si bien muchos desarrolladores de software comercial han desarrollado software que se ha convertido en el estándar de facto (por ejemplo, los programas Windows de Microsoft), el software propietario que se basa en protocolos o estándares propietarios puede crear obstáculos para el desarrollo y uso de aplicaciones.	[24]
Sincronización	Una forma de middleware integrado que permite a las aplicaciones actualizar datos en dos sistemas para que los conjuntos de datos sean idénticos. Estos servicios, que pueden operar en varios transportes, normalmente requieren cierta comprensión del contexto de los datos para sincronizarse.	[25]
Sistema de Sistemas (SoS)	Un sistema de sistemas es un conjunto de componentes que individualmente pueden considerarse sistemas y que posee dos propiedades adicionales: (1) independencia operativa de los componentes: si el sistema de sistemas se desmonta en sus sistemas componentes, los sistemas componentes deben poder funcionar de manera útil de forma independiente. Es decir, los componentes cumplen por sí solos los propósitos cliente-operador, (2) independencia administrativa de los componentes: los sistemas componentes no sólo pueden operar de forma independiente, sino que operan de forma independiente. Los sistemas componentes se adquieren e integran por separado, pero mantienen una existencia operativa continua independiente del sistema de sistemas.	[26]

Apéndice B: Revisión de la literatura

El debate sobre la relación entre BIM y Digital Twin está ganando terreno en la industria AECO. Sin embargo, existen pocas referencias revisadas por pares que analicen la correlación entre ellos.

La visión general ve a BIM como un componente del gemelo digital o como un concepto separado que puede aprovecharse para crear un gemelo digital. Aquí se presenta la literatura más relevante sobre este tema.

Existen algunas publicaciones revisadas por pares que exploran la relación entre BIM y Digital Twin.

Un estudio realizado por Deng et al. describió Digital Twin como una progresión para el Modelado BIM. Los autores definieron cinco clases, a saber, BIM, BIM+simulación, BIM+sensores, BIM+AI y gemelos digitales [3]. Otro artículo afirmó que utilizar BIM es el enfoque más óptimo para crear un gemelo digital preciso y de alto valor. Señalaron que la integración de BIM y Digital Twin tiene el potencial de mejorar enormemente el diseño, la construcción y el rendimiento de los edificios. Vieron BIM como una tecnología avanzada de modelado 3D [no desde una perspectiva de gestión de información de construcción]. Compararon las características de BIM y Digital Twin. Algunas de las características similares identificadas en su artículo incluyen visualización de modelos 3D, interoperabilidad API y estandarización de datos. Cabe mencionar que su lista de características incluye capacidades, casos de uso y beneficios [4]. Otro grupo de investigadores propuso un marco que aprovecha el proceso de madurez de BIM para permitir la implementación del Gemelo Digital para la Gestión de Instalaciones (FM). El modelo de madurez consta de cinco niveles, incluido el nivel 0: Estrategia de Gemelo Digital, el nivel 1: Modelo BIM Unificado, el nivel 2: Modelo BIM Dinámico, el nivel 3: Gemelo Digital Analítico y el nivel 4: Gemelo Digital Dinámico [5].

Otra categoría de artículos menciona BIM y Digital Twin, pero no analiza su relación y considera principalmente a BIM como un componente de Digital Twin: en un estudio, se propuso una arquitectura de plataforma modular basada en BIM para recopilar, integrar, gestionar y utilizar activos aeroportuarios. datos. Su plataforma actúa como un metamarco para un gemelo digital [6]. En otro estudio, se propuso una arquitectura Digital Twin para edificios inteligentes que integraban datos BIM e IoT [7]. De manera similar, en otro estudio se propuso un marco para fusionar BIM, GIS e IoT para crear un gemelo digital a nivel de ciudad [8]. Otro grupo de investigadores incorporó el modelo BIM de las empresas de servicios públicos y un modelo 3D de excavadoras como base para un modelo virtual dinámico para crear un Gemelo Digital. El objetivo principal de su gemelo digital era monitorear la excavación urbana para mejorar la seguridad [9].

También hay una cantidad significativa de publicaciones en blogs que presentan opiniones individuales sobre este tema. Algunos de estos artículos de opinión se publican en sitios web de proveedores de software o revistas en línea. Si bien estas fuentes no fueron revisadas por pares ni técnicamente, indican un interés creciente en el tema.