

# ASISTENCIA TÉCNICA TRANSVERSAL, IMPLANTACIÓN BIM Y CAPACITACIÓN PARA GENERACIÓN DE GEMELO DIGITAL DEL METROPOLITANO DE GRANADA Y TRAMBAHÍA CONECTADO CON OTRAS PLATAFORMAS EXPLOTACIÓN

Expediente: TAA-4102/OAT0

## GUÍA PRÁCTICA BIM DE LA AOPJA PARA GEMELO DIGITAL



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia

CONTROL DE DOCUMENTACIÓN				
REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	REDACTADO	APROBADO
01	16/04/2026	Primera versión	RAC	POP

Expediente	TAA-4102/OAT0
Actividad	Guías prácticas BIM
Título del documento	Guía práctica BIM de la AOPJA para Gemelo Digital



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>3</b>
<b>3. EMPLEO DE LA GUÍA.....</b>	<b>4</b>
<b>4. ROLES PARA EL GEMELO .....</b>	<b>6</b>
<b>5. ENTORNO TECNOLÓGICO .....</b>	<b>8</b>
<b>6. REQUISITOS DE INFORMACIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>7. CAPTURA DEL ENTORNO .....</b>	<b>11</b>
<b>8. INTEGRACIÓN EN PROYECTO .....</b>	<b>12</b>
<b>9. INTEGRACIÓN EN OBRA .....</b>	<b>13</b>
<b>10. INTEGRACIÓN EN MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>11. MODOS DE VISUALIZACIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>12. PRESENTACIÓN Y CONSUMO DE DATOS.....</b>	<b>15</b>
<b>13. REFERENCIAS.....</b>	<b>16</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La presente Guía Práctica BIM de la AOPJA para Gemelo Digital establece criterios operativos para la incorporación, estructuración, actualización y aprovechamiento de modelos de información y datos conectados en el marco de un ecosistema de Gemelo Digital BIM. Su finalidad es ofrecer una referencia clara para el desarrollo de contratos, actuaciones y procesos internos en los que la Agencia requiera que la información digital del activo sea útil no solo para su representación, sino también para su gestión, mantenimiento y explotación.

A diferencia de una guía centrada exclusivamente en proyecto u obra, este documento se orienta a la continuidad digital del activo. Por ello, adopta una visión transversal que conecta la información procedente de la captura de la realidad, el modelado BIM, la ejecución de obra, la documentación As-Built, los sistemas de inventario, la explotación y las plataformas de operación. El objetivo es evitar que el dato quede fragmentado entre fases y asegurar que pueda evolucionar hacia un entorno digital integrado, trazable e interoperable.

La guía se formula desde la experiencia de la AOPJA en implantación BIM y desde su estrategia de transición hacia el Gemelo Digital BIM, entendiendo este último como una plataforma operativa apoyada en modelos BIM, sistemas GIS, bases de datos de mantenimiento, sensórica, SCADA y otros entornos digitales conectados. En consecuencia, los criterios aquí definidos deben servir para ordenar técnicamente el proceso, facilitar la toma de decisiones y mejorar la utilidad real de la información generada a lo largo del ciclo de vida del activo.

Su alcance práctico se orienta especialmente a contratos, pilotos, suministros o implantaciones en los que el activo digital deba trascender la mera representación geométrica y convertirse en soporte real para la gestión. Por ello, la guía se apoya en una visión de continuidad: lo que se capture, modele, clasifique e integre debe conservar valor a medio y largo plazo y no agotarse en el cumplimiento puntual de un contrato.

Esta aproximación exige que las decisiones técnicas se adopten desde el inicio con criterios de explotación futura, interoperabilidad y gobernanza del dato. El Gemelo Digital BIM no debe entenderse como una aplicación aislada o como un visor avanzado, sino como un ecosistema de información que conecta personas, procesos, modelos, bases de datos y servicios digitales en torno a un mismo activo.

## 2. ANTECEDENTES

La AOPJA ha consolidado durante los últimos años un proceso progresivo de implantación BIM sustentado en contratos reales, formación del personal técnico, desarrollo de estándares propios y despliegue de entornos colaborativos de datos. Este avance ha permitido pasar de experiencias piloto a un modelo de aplicación sistemática en contratos de proyecto y obra, sentando así las bases para una evolución natural hacia el Gemelo Digital BIM.

En paralelo, la Agencia ha iniciado procesos de digitalización de infraestructuras estratégicas y ha promovido la conexión entre modelos BIM y necesidades de operación y mantenimiento. La

experiencia obtenida ha puesto de manifiesto que la utilidad del modelo no depende únicamente de su calidad geométrica, sino de su capacidad para integrarse con otras fuentes de información y responder a usos concretos de explotación, análisis, supervisión y mantenimiento.

La presente guía nace de esa experiencia acumulada y de la necesidad de dotar a la Agencia de un marco específico para ordenar la transición desde la información BIM hacia un activo digital conectado. Su antecedente inmediato es, por tanto, la identificación de una necesidad operativa: disponer de criterios homogéneos para capturar, estructurar, vincular y consumir información útil en un entorno de Gemelo Digital BIM.

La experiencia acumulada por la Agencia en contratos de proyecto, ejecución y digitalización de activos ha confirmado que la información útil para mantenimiento y explotación no puede improvisarse al final del proceso. Cuando la información nace desestructurada, incompleta o no interoperable, la transición al entorno de explotación resulta costosa, lenta y con frecuentes pérdidas de valor. De ahí la necesidad de una guía específica que ordene la lógica del Gemelo Digital BIM desde una perspectiva operativa.

Asimismo, la evolución normativa y tecnológica ha reforzado la conveniencia de trabajar con criterios homogéneos. La incorporación de formatos abiertos, la generalización del CDE, la aparición de plataformas conectadas a GIS, GMAO, SCADA o sensorica y la progresiva consolidación de estándares europeos sobre Gemelo Digital hacen necesario disponer de un documento de referencia breve, práctico y enfocado a la toma de decisiones en contratos reales.

### 3. EMPLEO DE LA GUÍA

Esta guía debe emplearse en todos aquellos contratos, asistencias, suministros o actuaciones internas en los que la AOPJA requiera la obtención, evolución o explotación de un entorno digital vinculado al activo. Su uso resulta especialmente pertinente en contratos de digitalización de activos existentes, implantación de plataformas, integración de sistemas, actualización de información de mantenimiento, explotación de datos operativos o evolución de modelos BIM hacia un AIM conectado.

Su consulta no sustituye a la documentación contractual específica ni al Manual Gemelo Digital BIM, sino que los complementa. Debe utilizarse junto con los AIR, EIR, PEB, protocolos de intercambio,

procedimientos de control de calidad, anexos técnicos y demás documentación aplicable, de forma que cada contrato concrete el nivel de exigencia, profundidad y alcance de los requisitos digitales.

A efectos prácticos, la guía debe servir para:

- Definir el alcance digital del contrato y su relación con la estrategia de Gemelo Digital BIM de la Agencia.
- Establecer qué información debe capturarse, modelarse, integrarse o mantenerse actualizada.
- Ordenar responsabilidades entre los distintos agentes que producen, validan, administran y consumen la información.
- Orientar la selección del entorno tecnológico y de los mecanismos de integración e interoperabilidad.
- Asegurar que la información generada sea útil para el mantenimiento, la operación y la toma de decisiones.

Su aplicación deberá ser siempre proporcional al activo, a la madurez digital disponible, al presupuesto, a la criticidad operativa y al valor esperado del uso posterior de la información. La Agencia no persigue una digitalización indiscriminada, sino una digitalización útil, verificable y alineada con necesidades reales de gestión.

El empleo de esta guía debe realizarse de forma coordinada con el resto de documentos del sistema documental BIM de la AOPJA. En particular, debe complementarse con los requisitos contractuales, con la guía de modelo de información, con la guía de colaboración y con los anejos que desarrollen aspectos concretos de captura, clasificación, entregables o control de calidad. Su valor reside precisamente en ayudar a relacionar esos documentos entre sí bajo una lógica única de activo digital.

A efectos de aplicación, la guía puede utilizarse en tres momentos distintos: como documento de preparación previa del contrato, para definir alcance y objetivos; como documento de acompañamiento durante el desarrollo, para validar decisiones y ordenar tareas; y como documento

de cierre, para verificar que la información obtenida es suficientemente estructurada, trazable y aprovechable para su integración o consumo posterior.

#### 4. ROLES PARA EL GEMELO

La implantación y operación del Gemelo Digital BIM de la Agencia requiere la definición de roles específicos encargados de garantizar el correcto funcionamiento, evolución y gobernanza de la plataforma.

Estos roles complementan la estructura organizativa definida para la gestión BIM en los contratos y se centran en la gestión operativa del ecosistema digital durante las fases de mantenimiento y explotación de las infraestructuras.

En el contexto del Gemelo Digital BIM de la Agencia se identifican dos roles principales:

- Gemelo Digital BIM Manager
- Middleware Manager

Ambos roles trabajan de forma coordinada para garantizar la correcta integración entre el modelo digital del activo y los datos operativos generados por los sistemas de explotación de la infraestructura.

##### Gemelo Digital BIM Manager

El Gemelo Digital BIM Manager es el responsable de la supervisión y gestión del modelo digital del activo dentro de la plataforma de Gemelo Digital BIM. Su función principal consiste en garantizar que

la representación digital de las infraestructuras gestionadas por la Agencia se mantenga coherente, actualizada y correctamente integrada dentro del entorno geoespacial del gemelo digital.

Entre sus principales responsabilidades se incluyen:

- Supervisar la integración de modelos BIM, información GIS y datos LiDAR en la plataforma del Gemelo Digital.
- Garantizar la correcta georreferenciación y estructuración de los modelos digitales.
- Asegurar la coherencia semántica entre los elementos del modelo BIM y los datos operativos asociados.
- Coordinar los procesos de actualización del Modelo de Información del Activo (AIM).
- Supervisar la incorporación de nuevos modelos procedentes de proyectos, obras o procesos de digitalización.
- Validar la publicación de información geoespacial mediante los servicios del servidor geoespacial.
- Coordinar con los equipos de mantenimiento y explotación la evolución del modelo digital del activo.
- Promover la mejora continua de la plataforma del Gemelo Digital en función de las necesidades de la Agencia.

#### Middleware Manager

El Middleware Manager es el responsable de la gestión y supervisión del sistema de integración de datos operacionales que alimenta el Gemelo Digital BIM. Su función principal consiste en garantizar

la correcta captura, gestión y distribución de los datos generados por los sistemas de explotación de las infraestructuras.

Entre sus principales responsabilidades se incluyen:

- Gestionar la integración de datos procedentes de sistemas IoT, SCADA, GMAO y otras plataformas operacionales.
- Supervisar los flujos de datos en tiempo real que alimentan el Gemelo Digital.
- Garantizar la normalización y estructuración de los datos operativos.
- Asegurar la interoperabilidad entre los sistemas de explotación y la plataforma del Gemelo Digital.
- Mantener las interfaces de integración y los servicios de datos consumidos por el visor geoespacial.
- Supervisar la disponibilidad y rendimiento del sistema de integración de datos.
- Coordinar la incorporación de nuevas fuentes de información operativa.
- Garantizar que los datos operacionales puedan ser consumidos de forma estandarizada por las aplicaciones del Gemelo Digital.

Ver apartado 13.3 Roles asociados al gemelo digital del Manual Gemelo Digital BIM de la AOPJA.

## 5. ENTORNO TECNOLÓGICO

El Gemelo Digital BIM de la AOPJA debe sustentarse en un entorno tecnológico interoperable, escalable y seguro, capaz de recibir información heterogénea, conservar su trazabilidad y ponerla a disposición de distintos perfiles de usuario. La solución tecnológica no debe entenderse como un visor aislado, sino como una arquitectura de información que conecta modelos, datos, procesos y sistemas externos.

Como mínimo, el entorno tecnológico deberá contemplar un CDE o repositorio estructurado para documentación y modelos, una plataforma de explotación o middleware de integración, capacidades de visualización y consulta, conexión con bases de datos de inventario o mantenimiento, y mecanismos para recibir datos estáticos y dinámicos de otras plataformas. Dependiendo del alcance, podrá integrar igualmente GIS, GMAO, SCADA, sensórica IoT, analítica avanzada o sistemas de reporting.

La selección del entorno deberá responder a criterios de utilidad, sostenibilidad y gobernanza del dato. Se priorizará el uso de formatos abiertos o, cuando no sea posible, de soluciones que al menos permitan exportación, trazabilidad, acceso mediante API y no bloqueen la reutilización futura de la

información. La arquitectura tecnológica deberá evitar dependencias innecesarias, duplicidades documentales y entornos cerrados sin capacidad de evolución.

Asimismo, el entorno deberá atender requisitos de ciberseguridad, segregación de permisos, control de accesos, auditoría de cambios, copias de seguridad, preservación del histórico y continuidad del servicio. La Agencia valorará especialmente las soluciones que permitan una administración clara del activo digital a lo largo del tiempo y no solo durante la fase de implantación inicial.

El entorno tecnológico no debe definirse exclusivamente desde la disponibilidad de herramientas, sino desde la arquitectura funcional que requiere el activo. En unos casos será suficiente un ecosistema ligero con repositorio documental, visor BIM y base de datos de activos; en otros será necesario incorporar pasarelas de integración, paneles analíticos, conexión con sensórica, servicios GIS o intercambio continuo con sistemas corporativos. La clave reside en dimensionar el entorno según el uso real esperado y no por acumulación indiscriminada de software.

La AOPJA priorizará arquitecturas donde la información permanezca identificable y gobernable a lo largo del tiempo. Esto implica prestar atención a la persistencia de identificadores, a la calidad de las APIs, al versionado del dato, a la exportación en formatos abiertos y a la capacidad de sustituir o evolucionar componentes del ecosistema sin comprometer la continuidad del activo digital.

La capa del Gemelo Digital BIM de la AOPJA se fundamenta sobre dos pilares normativos y técnicos de referencia internacional: los estándares OGC (Open Geospatial Consortium) para la dimensión geoespacial y los estándares buildingSMART International para la dimensión de información de activos. Esta doble base garantiza que la arquitectura sea completamente abierta, interoperable y no dependiente de plataformas propietarias.

En lo que respecta a la dimensión geoespacial, la plataforma se diseña para publicar y consumir servicios web geoespaciales mediante estándares OGC. Esto incluye, entre otros: *OGC API – Features* para el acceso REST a objetos geoespaciales; *3D Tiles (OGC Community Standard)* para la visualización y transmisión eficiente de geometría 3D masiva georreferenciada; *WMS / WFS / WMTS* para la integración con cartografía base, capas temáticas y datos vectoriales; y *OGC SensorThings API* para la incorporación de flujos de datos en tiempo real procedentes de sensores e IoT. Esta alineación con el ecosistema OGC permite que el Gemelo Digital BIM actúe como nodo activo en una infraestructura de datos espaciales, capaz de interoperar con plataformas corporativas, sistemas regionales y repositorios nacionales o europeos.

En cuanto a la dimensión de información de activos, la arquitectura adopta los estándares abiertos de buildingSMART International como base para la estructuración, intercambio y validación de la información del modelo. El formato *IFC (Industry Foundation Classes, ISO 16739)* constituye el estándar de intercambio de modelos BIM entre aplicaciones y fases; el esquema *IDS (Information Delivery Specification)* permite definir y verificar automáticamente los requisitos de información exigidos contractualmente; y el marco *BCF (BIM Collaboration Format)* facilita la comunicación de incidencias y revisiones sobre el modelo sin necesidad de transferir el modelo completo. Complementariamente,

el estándar *ISO 19650* rige los procesos de gestión de la información a lo largo del ciclo de vida, articulando el CDE y los flujos de entrega entre actores.

En la implantación de referencia del contrato TAA-4102/OAT0, esta arquitectura se materializa en tres componentes tecnológicos articulados sobre los estándares anteriores: Luciad Fusion como servidor geoespacial encargado de federar y publicar la información procedente de modelos BIM, datos GIS y nubes de puntos LiDAR mediante estándares OGC; el visor geoespacial del Gemelo Digital como aplicación que permite visualizar e interactuar con la información digital del activo dentro de su contexto territorial; y el middleware de integración de datos de la AOPJA como sistema encargado de capturar, gestionar y orquestar los datos operacionales procedentes de los sistemas de explotación. Los modelos BIM, datos GIS y LiDAR se integran a través de Luciad Fusion; los datos operacionales procedentes de IoT, SCADA, GMAO y otros sistemas se gestionan mediante el middleware; y ambos flujos convergen en el visor geoespacial, donde la información se relaciona mediante un entorno geoespacial y semántico común.

La convergencia de ambos pilares —OGC para el territorio y buildingSMART para el activo— define la columna vertebral de una arquitectura de Gemelo Digital abierta, en la que el modelo BIM georreferenciado puede publicarse, consultarse, actualizarse y enlazarse con otros sistemas sin fricciones tecnológicas ni dependencias de proveedores. Esta elección está alineada con las políticas europeas de datos, con la Directiva INSPIRE y con las iniciativas de infraestructura de datos espaciales del Estado y de la Junta de Andalucía, y posiciona a la AOPJA en la vanguardia del sector público en materia de gemelo digital interoperable.

## 6. REQUISITOS DE INFORMACIÓN

Los requisitos de información vinculados al Gemelo Digital BIM deben definirse desde las necesidades de explotación y no únicamente desde la lógica del modelado. Esto implica identificar previamente qué decisiones quiere apoyar la Agencia con el activo digital, qué operaciones pretende mejorar, qué procesos de mantenimiento quiere digitalizar y qué datos necesita consultar o explotar de manera recurrente.

Como marco general, los requisitos deberán cubrir al menos los siguientes bloques: identificación y codificación del activo y sus componentes; geometría mínima necesaria para su representación y localización; atributos alfanuméricos de inventario, mantenimiento y operación; información documental asociada; reglas de clasificación y estructura; vínculos con sistemas externos; y criterios de actualización, control de versiones y responsable del dato.

La definición de requisitos deberá tener en cuenta el principio de proporcionalidad. No toda la información disponible debe incorporarse al gemelo, sino aquella que aporte valor claro para el caso de uso previsto. La Agencia buscará evitar modelos sobredimensionados, atributos no gobernados o estructuras de datos difíciles de mantener, priorizando en cambio un conjunto de información útil, comprensible y sostenible en el tiempo.

Los requisitos deberán formalizarse contractualmente, preferentemente a través de AIR y EIR específicos o de anexos técnicos equivalentes, y deberán quedar vinculados a procedimientos

verificables de control de calidad. En contratos avanzados, podrán utilizarse reglas automáticas de validación, plantillas de intercambio, tablas de atributos obligatorios o comprobaciones basadas en IDS u otros mecanismos equivalentes.

Para que los requisitos sean realmente útiles, deben vincularse a decisiones operativas concretas. No basta con enumerar atributos o documentación solicitada; es necesario justificar para qué se necesita cada dato, quién lo utilizará, con qué frecuencia se actualizará y qué nivel de confianza debe tener. Este enfoque evita sobrecargar los contratos con exigencias de escaso valor y permite concentrar el esfuerzo en la información crítica para la Agencia.

En la práctica, los requisitos deberían distinguir entre información estructural y relativamente estable, información operativa sujeta a actualización, e información dinámica procedente de otros sistemas. La primera puede residir principalmente en el modelo o en inventarios asociados; la segunda exige reglas de mantenimiento del dato; y la tercera requiere mecanismos de integración y sincronización que permitan al Gemelo Digital BIM actuar como entorno de consulta y análisis sin duplicaciones innecesarias.

## 7. CAPTURA DEL ENTORNO

La captura del entorno es la base para obtener una representación digital fiable del activo físico. En el contexto del Gemelo Digital BIM, esta captura no persigue únicamente generar geometría, sino disponer de una base de información precisa, georreferenciada y verificable que permita modelar, documentar e integrar el activo dentro de un sistema digital más amplio.

Según la naturaleza del activo y el alcance del contrato, la captura podrá apoyarse en una o varias técnicas combinadas: escáner láser terrestre, fotogrametría aérea o terrestre, cámaras 360°, drones, levantamientos topográficos, inventarios in situ, revisión documental, sensorización temporal, explotación de cartografía existente o extracción de datos desde sistemas ya operativos. La elección de medios deberá responder a la precisión requerida, a la accesibilidad del activo y a la utilidad final esperada del dato.

La estrategia de captura deberá definir, antes de su ejecución, el sistema de referencia, precisión objetivo, coberturas mínimas, zonas singulares, interferencias previsibles, formato de entregables y proceso de revisión. Siempre que se generen nubes de puntos, imágenes o bases de inventario, deberá establecerse su relación con los modelos y con la documentación asociada, evitando que queden como entregables aislados y sin continuidad operativa.

La Agencia priorizará procedimientos de captura que permitan trazabilidad, reutilización futura y compatibilidad con procesos sucesivos de actualización. En activos sometidos a evolución constante o a explotación intensiva, la captura deberá plantearse además con una lógica de mantenimiento del dato, previendo cómo se registrarán cambios posteriores y cómo se integrarán en el gemelo.

La captura del entorno debe concebirse como un proceso planificado y verificable, no como una simple campaña de obtención de datos. Antes de iniciar cualquier levantamiento debe definirse qué partes del activo necesitan modelarse, qué nivel de detalle es suficiente, qué tolerancias son

aceptables y qué información auxiliar será necesaria para interpretar correctamente los resultados. Esta fase previa condiciona la utilidad final del modelo y la viabilidad económica de la actuación.

También resulta esencial prever la validación de la captura. La comprobación de coberturas, la existencia de zonas sombra, la consistencia del sistema de coordenadas, la calidad del registro y la correspondencia entre realidad capturada y alcance contratado deben revisarse tempranamente. Una captura técnicamente muy precisa pero desalineada con las necesidades del Gemelo Digital puede generar costes adicionales de reprocesado o incluso limitar usos posteriores.

## 8. INTEGRACIÓN EN PROYECTO

Durante la fase de proyecto, la integración con el Gemelo Digital BIM debe entenderse como una preparación anticipada del activo digital futuro. Aunque el gemelo alcance su mayor utilidad en explotación, es en proyecto donde se establecen buena parte de las reglas semánticas, documentales y estructurales que harán posible esa evolución posterior.

En esta fase, la integración se materializa mediante la definición de requisitos orientados a mantenimiento y explotación, la adopción de codificaciones coherentes, la clasificación de elementos, la organización del modelo para usos posteriores, la selección de atributos útiles y la previsión de una transición ordenada desde PIM hacia AIM. El proyecto debe producir información que no solo sirva para diseñar y contratar, sino también para alimentar la futura base digital del activo.

Los equipos redactores deberán considerar, entre otras cuestiones, qué componentes requerirán seguimiento posterior, qué equipos deberán estar identificados individualmente, qué vínculos documentales tendrán valor en explotación y qué información será realmente mantenible por la Agencia o por los operadores. Este enfoque evita que el modelo de proyecto quede desconectado de la realidad operativa del activo.

Cuando existan modelos previos de activos existentes, bases GIS o levantamientos de captura, estos deberán integrarse de forma controlada en el entorno de proyecto. La Agencia fomentará así una lógica de continuidad informativa en la que la fase de diseño no borre lo previamente conocido del activo, sino que lo reorganice, contraste o complemente.

En la fase de proyecto, la integración debe enfocarse a dejar resueltas las decisiones que afectarán a la continuidad digital del activo. Esto incluye no solo la producción del modelo geométrico, sino también la definición de clasificaciones, codificaciones, criterios de división del modelo, estructura documental, conjuntos de propiedades y referencias cruzadas con futuros inventarios o sistemas de explotación. Cuanto antes se estructure esta base, menos fricción existirá en las fases siguientes.

La integración en proyecto debe además ayudar a discriminar qué información será contractual, qué información será de coordinación interna y qué información deberá conservarse para la entrega al AIM. Esta diferenciación es importante porque el Gemelo Digital BIM se nutre de información robusta y verificable, no de información provisional o no consolidada. Por ello, el proyecto debe generar

modelos preparados para evolucionar, pero sin trasladar a la fase operativa incertidumbres propias del diseño no resuelto.

## 9. INTEGRACIÓN EN OBRA

Durante la ejecución de obra, la integración con el Gemelo Digital BIM se centra en consolidar la información real construida y transformar el modelo de diseño en una base fiable para explotación. La obra es la fase en la que se confirma, modifica o corrige la información inicialmente prevista, por lo que la disciplina en la actualización del modelo y en la trazabilidad de cambios resulta crítica.

Como mínimo, deberán contemplarse procesos de actualización progresiva del modelo conforme al desarrollo real de los trabajos, incorporación de información de equipos instalados, recopilación de documentación técnica, gestión de incidencias o cambios relevantes, vinculación con controles de calidad y preparación del estado As-Built del activo. Cuando el alcance lo permita, podrán integrarse también datos temporales de planificación, costes, seguimiento de avance o sensorización de ejecución.

La información As-Built deberá cumplir criterios suficientes de fiabilidad y verificabilidad para permitir su reutilización en mantenimiento y explotación. Esto implica evitar entregas finales elaboradas únicamente al cierre, sin un proceso de maduración previo. La Agencia valorará especialmente los contratos en los que la información de obra se vaya consolidando de manera continua y controlada.

La fase de obra debe actuar como puente entre el PIM y el futuro AIM de explotación. En consecuencia, cualquier decisión sobre codificación, documentación asociada, localización de componentes o estructura del modelo deberá tomarse pensando en la utilidad futura del dato y no solo en la necesidad inmediata de la obra.

La obra representa el momento en que la continuidad digital del activo se pone realmente a prueba. La coordinación entre producción en campo, control documental y actualización del modelo debe organizarse de manera que el avance físico y el avance informativo mantengan una relación trazable. Cuando ambos planos divergen, el valor del futuro Gemelo Digital BIM disminuye, pues se debilita la confianza en la información que servirá de base a explotación.

Por ello, la integración en obra debe incorporar rutinas explícitas de revisión del modelo frente a la realidad ejecutada, así como criterios para aceptar modificaciones, incidencias, cambios de materiales, sustituciones de equipos o variaciones de trazado. No se trata solo de cerrar un As-Built formal, sino de asegurar que el activo digital resultante represente con suficiente fidelidad la configuración construida y pueda enlazarse con los procedimientos posteriores de mantenimiento.

## 10. INTEGRACIÓN EN MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN

La fase de mantenimiento y explotación constituye el ámbito natural de despliegue del Gemelo Digital BIM. Es en esta etapa donde la información digital del activo deja de tener un valor principalmente

documental y pasa a convertirse en una herramienta operativa para consulta, trazabilidad, análisis, mantenimiento preventivo, apoyo a incidencias y mejora continua del servicio.

La integración en esta fase deberá permitir, como mínimo, consultar de forma estructurada el inventario del activo, vincular documentación y modelos, localizar equipos y componentes, registrar actuaciones, acceder al histórico de mantenimiento, relacionar avisos o incidencias con elementos concretos y mantener actualizada la representación digital del activo. En contratos más avanzados, podrá incluir analítica de comportamiento, automatización de alertas, consumo de datos SCADA o uso de sensores en tiempo real.

El valor del Gemelo Digital BIM reside en su capacidad para conectar información previamente dispersa en un entorno único y comprensible. Por ello, la Agencia promoverá soluciones en las que el dato pueda consumirse sin depender de múltiples aplicaciones inconexas y en las que el usuario operativo encuentre una relación clara entre modelo, documentación, inventario, mantenimiento e información en vivo.

Siempre que sea viable, la Agencia orientará el activo digital hacia modelos progresivamente más predictivos. No obstante, esta evolución deberá basarse en una base informativa robusta, bien estructurada y gobernada. Un gemelo no se vuelve inteligente por acumular datos, sino por disponer de datos pertinentes, integrados y mantenidos con criterio.

En mantenimiento y explotación, el Gemelo Digital BIM debe pasar de ser un repositorio enriquecido a convertirse en una herramienta de trabajo cotidiana. Esto implica que la información se organice alrededor de tareas reales: localizar activos, consultar fichas técnicas, registrar incidencias, analizar históricos, planificar intervenciones, evaluar comportamiento y priorizar decisiones. Si el sistema no facilita estas acciones, la actualización del dato tenderá a degradarse con el tiempo.

La integración operativa exige también definir qué información se modifica directamente en la plataforma del Gemelo Digital y qué información se mantiene en sistemas especializados conectados. La estrategia más eficaz no siempre es centralizarlo todo, sino asegurar una federación coherente de fuentes, donde el usuario pueda acceder a una visión integrada sin comprometer la integridad de los sistemas origen ni generar redundancias difíciles de mantener.

## 11. MODOS DE VISUALIZACIÓN

El Gemelo Digital BIM debe poder visualizarse de forma adaptada a los distintos perfiles de usuario y a los casos de uso previstos. No todos los usuarios necesitan el mismo nivel de detalle ni la misma interfaz, por lo que la visualización deberá responder a criterios de claridad, utilidad y eficiencia.

Se consideran prioritarios, como mínimo, los siguientes modos de visualización: vista 3D del modelo BIM federado; visualización geoespacial vinculada al territorio; acceso a fichas de activo o paneles alfanuméricos; cuadros de mando para indicadores operativos; vistas documentales asociadas a

equipos o espacios; y, cuando proceda, experiencias inmersivas o de apoyo en campo mediante VR, AR o dispositivos móviles.

La selección del modo de visualización deberá vincularse al caso de uso. Por ejemplo, un técnico de mantenimiento podrá requerir acceso rápido a la localización de un equipo y a su documentación asociada, mientras que un responsable de explotación puede necesitar cuadros de mando, mapas de estado o informes agregados. Del mismo modo, los equipos de supervisión o formación podrán beneficiarse de vistas 3D inmersivas o de contextos enriquecidos con capas temáticas.

En todos los casos, la Agencia priorizará interfaces comprensibles y orientadas al uso real. La visualización no debe convertirse en una barrera técnica, sino en un mecanismo para acercar el dato a la operación del activo.

La visualización debe responder a distintos niveles de lectura del activo. Un usuario directivo puede necesitar una visión sintética basada en indicadores y localización general; un técnico de mantenimiento puede requerir acceso inmediato a componentes concretos y su documentación asociada; y un perfil de supervisión puede precisar comparación entre estados, incidencias o campañas de captura. La guía recomienda, por tanto, que la estrategia de visualización se plantee desde escenarios de uso y no desde funcionalidades genéricas de plataforma.

También conviene considerar que la visualización no es únicamente gráfica. En muchos casos, la mejor forma de comprender el comportamiento del activo puede residir en cronologías, alarmas, mapas de calor, tablas filtrables o paneles comparativos. La calidad del Gemelo Digital BIM dependerá en gran medida de su capacidad para combinar estas capas de lectura y ofrecer al usuario una navegación intuitiva entre representación espacial, dato asociado y contexto operativo.

## 12. PRESENTACIÓN Y CONSUMO DE DATOS

La utilidad del Gemelo Digital BIM depende no solo de la calidad de la información integrada, sino también de cómo esta se presenta y se consume. El dato debe estar organizado de manera que permita su uso por distintos perfiles sin exigir conocimientos avanzados de modelado o administración de sistemas.

La presentación de información deberá estructurarse en función del perfil de usuario, del tipo de activo, del caso de uso y del nivel de decisión requerido. En consecuencia, el consumo de datos podrá producirse mediante visores, tablas de inventario, fichas técnicas, informes automáticos, dashboards, capas temáticas, notificaciones, integraciones con otras plataformas o exportaciones controladas.

La Agencia fomentará una lógica de consumo basada en el principio de utilidad: cada usuario debe recibir la información necesaria para su función, en el formato más adecuado y con el menor nivel posible de fricción. Esto implica evitar cuadros de mando excesivamente complejos, listados no gobernados o entornos de consulta que mezclen indiscriminadamente información crítica con información secundaria.

Asimismo, la presentación y el consumo del dato deberán preservar la trazabilidad de la información, indicar la fuente, identificar la fecha de actualización cuando resulte relevante y dejar claro qué

sistemas alimentan cada resultado. En entornos conectados, esta transparencia resulta esencial para que los usuarios puedan confiar en la información y emplearla como soporte real para la toma de decisiones.

El consumo de datos debe diseñarse de forma que la información resulte accionable. Esto significa presentar los datos con el nivel de agregación adecuado, incorporar filtros útiles, permitir el acceso a históricos, señalar la fecha de actualización y ofrecer contexto suficiente para interpretar correctamente cada valor. Un sistema que muestra gran volumen de datos pero no facilita su lectura práctica puede terminar infrutilizado incluso cuando la calidad de integración sea elevada.

La Agencia favorecerá modelos de presentación en los que el dato pueda recorrerse desde distintas perspectivas: por activo, por sistema, por ubicación, por contrato, por estado operativo o por incidencia. Esta flexibilidad es especialmente valiosa en entornos ferroviarios y de transporte, donde las decisiones suelen requerir cruzar información técnica, territorial, operativa y contractual. El Gemelo Digital BIM debe permitir precisamente esa lectura transversal del dato sin perder claridad ni trazabilidad.

### 13. REFERENCIAS

- Manual Gemelo Digital BIM de la AOPJA.
- Planificación Estratégica Gemelo Digital BIM AOPJA.
- Documentación técnica y contractual de la AOPJA aplicable al activo, contrato o sistema objeto de integración.
- Estándares OGC (Open Geospatial Consortium) — OGC API – Features (OGC 17-069r4); OGC 3D Tiles Community Standard (OGC 22-025r4); OGC Web Map Service (WMS, OGC 06-042); OGC Web Feature Service (WFS, OGC 09-025r2); OGC Web Map Tile Service (WMTS, OGC 07-057r7); OGC SensorThings API (OGC 18-088); OGC GeoPackage (OGC 12-128r18); OGC CityGML 3.0 (OGC 20-010). Disponibles en: <https://www.ogc.org/standards/>
- Estándares buildingSMART International — IFC – Industry Foundation Classes (ISO 16739-1:2018); IDS – Information Delivery Specification (buildingSMART Standard, 2024); BCF – BIM Collaboration Format (ISO 21597); bSDD – buildingSMART Data Dictionary. Disponibles en: <https://www.buildingsmart.org/standards/>
- ISO 19650 — Organización y digitalización de la información de edificios e infraestructuras civiles, incluyendo BIM. Partes 1 (Conceptos y principios), 2 (Fase de entrega de activos) y 3 (Fase operacional de activos). ISO/TC 59/SC 13.
- ISO 23386 / ISO 23387 — Metodología para describir, crear y mantener propiedades en diccionarios de datos interconectados (ISO 23386:2020) y modelo de datos para objetos

utilizados en el ciclo de vida del entorno construido (ISO 23387:2020). Base para la interoperabilidad semántica del gemelo digital.

- Directiva INSPIRE (2007/2/CE) — Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea. Marco normativo de referencia para la publicación de datos geoespaciales mediante servicios OGC en el ámbito público europeo.
- Digital Twin Consortium — A Framework for Digital Twin Architecture (DTC, 2023). Marco de referencia para la definición de arquitecturas de gemelo digital, niveles de madurez e interoperabilidad entre sistemas. Disponible en: <https://www.digitaltwinconsortium.org>
- Reglamento Europeo de Datos (Data Act, Reglamento UE 2023/2854) — Marco regulatorio sobre el acceso, portabilidad y reutilización de datos, incluidos los generados por dispositivos conectados y servicios digitales. Relevante para la gobernanza del dato en entornos de gemelo digital con sensorización e IoT.
- ISO/IEC 30173:2023 — Digital twin – Concepts and terminology. Estándar internacional de referencia para la terminología y conceptos del gemelo digital, adoptado por la Agencia como base común de definición. ISO/IEC JTC 1/SC 41.
- UNE-CEN/TR 18077:2024 — Modelado de la información de construcción. Gemelos digitales aplicados al entorno construido – Casos de uso. Informe técnico europeo que establece los casos de uso de referencia para gemelos digitales en edificación e infraestructuras, elaborado por CEN/TC 442.
- UNE EN 18162:2026 — Building information modelling. Digital twins applied to the built environment. Concept and definitions. Primer estándar europeo sobre gemelos digitales en el entorno construido, recientemente publicado, que establece el lenguaje común europeo para la terminología, principios y requisitos del gemelo digital en edificación e infraestructuras.
- Gemini Principles (Centre for Digital Built Britain) — Marco de propósito, confianza y función para la gobernanza de gemelos digitales de infraestructuras nacionales. Referencia internacional de facto para los principios de gestión, apertura y responsabilidad en ecosistemas de gemelo digital del entorno construido. Disponible en: <https://www.cdbb.cam.ac.uk>
- EU BIM Task Group — Handbook for the Introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector (2017, actualizado 2022). Directrices europeas para la implantación de BIM en la administración pública, con criterios de contratación, requisitos de información y estándares abiertos aplicables al sector público. Disponible en: <https://www.eubimtaskgroup.org>