



RECI
Red Española de Ciudades Inteligentes
SmartCities

BIM

FUNDAMENTOS PARA LA CIUDAD DIGITAL

BIM

FUNDAMENTOS PARA LA CIUDAD DIGITAL

EDICIÓN MARZO 2024

FOTO DE PORTADA: JOEL FILIPE (@JOELFILIP), UNSPLASH.



La línea de trabajo sobre BIM del Grupo de Trabajo 3 de la Red Española de Ciudades Inteligentes ha elaborado este documento.

Entidad coordinadora de la línea de trabajo y del documento:

Ajuntament de Sant Feliu  Ajuntament de Sant Feliu de Llobregat

Entidades que han participado en el proyecto como editoras del documento:

Ajuntament de Sant Feliu  Ajuntament de Sant Feliu de Llobregat

Ayuntamiento de Madrid  | **MADRID**

Ajuntament d'Alzira  Ajuntament d'Alzira

Àrea Metropolitana de Barcelona  **AMB** : Àrea Metropolitana de Barcelona

Impulsado por:

RECI
Red Española de Ciudades Inteligentes
SmartCities

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. CONTEXTO ACTUAL	7
2.1. Contexto Internacional.....	7
2.1.1. Tendencias de uso a nivel internacional	9
2.2. Estándares internacionales.....	13
2.2.1. PAS 1192.....	13
2.2.2. ISO 19650	15
2.2.3. IFC (Industry Foundation Classes)	18
2.3. Contexto estatal. Observatorio CBIM	20
2.3.1. Nivel Estatal	21
2.3.2. Comunidades Autónomas.....	23
2.4. Normativa aplicable	24
2.4.1. Legislación estatal.....	25
2.4.2. Legislación autonómica	29
3. LA METODOLOGIA BIM, NUEVO PARADIGMA DE LA CONSTRUCCIÓN Y GESTIÓN DE LAS CIUDADES.....	32
3.1. Ámbitos de aplicación en edificación	34
3.1.1. Diseño y arquitectura	34
3.1.2. Construcción.....	38
3.1.3. Explotación y mantenimiento.....	41
3.1.4. Medio Ambiente	43
3.1.5. Certificación de Obra	45
3.1.6. Permisos de construcción	47
3.2. Ámbitos de aplicación en urbes	48
3.2.1. Coordinación BIM/GIS	48
3.2.2. Metodología BIM – Geoportal	51
3.3. Componentes y Servicios intrínsecos	54
3.3.1. Comunicación	55
3.3.2. Metaverso.....	56
3.3.3. Gemelo digital.....	57
3.3.4. Smart Cities.....	58
4. ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM	60
4.1. Gobernanza	60
4.1.1. Liderazgo	60
4.1.2. Políticas y estándares.....	63

4.1.3.	Procesos y procedimientos	64
4.1.4.	Capacitación y soporte técnico	65
4.1.5.	Colaboración y coordinación	67
4.1.6.	Evaluación y mejora continua	67
4.2.	Diseño de la arquitectura	68
4.2.1.	Estándares	69
4.2.2.	Modelo de datos.....	70
4.3.	Hoja de ruta.....	76
4.3.1.	Análisis del contexto interno	76
4.3.2.	Asentar las bases. Prototipo y usos BIM	77
4.3.3.	Desarrollo. Proyectos Piloto.....	78
4.3.4.	Consolidación	79
5.	EXPERIENCIAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN SUS ORGANIZACIONES	81
5.1.	Área Metropolitana de Barcelona (AMB)	81
5.2.	Ayuntamiento de Madrid	84
5.3.	Ayuntamiento de Sant Feliu de Llobregat.....	86
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	89
	ANEJO I: PLANTILLA BIM EXECUTION PLAN	91
	BIM Execution Plan	92
1.	INTRODUCCIÓN	92
2.	METODOLOGÍA BIM.....	94
3.	ESPECIFICACIONES DEL MODELO BIM	95
4.	ROLES Y RESPONSABILIDADES DE TRABAJO BIM	98
5.	GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	99
6.	COLABORACIÓN Y COMUNICACIÓN	101
7.	CAPACITACIÓN Y DESARROLLO.....	103
8.	ENTREGABLES DEL PLAN BIM	104
9.	APROBACIONES Y FIRMA	105

1. INTRODUCCIÓN

La gestión urbana y el sector de la construcción están inmersos a nivel internacional en un momento de cambio de los modelos que han regulado su actividad y de las herramientas empleadas en los procesos para crear nuevos activos construidos, ya sean edificaciones o infraestructuras. Se evoluciona hacia un método de trabajo más colaborativo, anticipando la participación de los distintos agentes involucrados, creando entornos de confianza y alineando objetivos y necesidades de todos ellos. Por otra parte, la digitalización de las ciudades es una asignatura pendiente, y ahora, se dispone de tecnología que facilita su implementación.

En este contexto, se examina el ciclo de vida completo de una infraestructura urbana, concebida como una entidad integral cuya combinación de elementos similares conforma la ciudad, desde su concepción y/o planificación inicial hasta el término de su vida útil, atravesando las fases de diseño, construcción, operación y mantenimiento. Es fundamental entender que al hacer referencia a un "proyecto constructivo", nos estamos refiriendo a una entidad que abarca todo su ciclo de vida, no solo en su contexto local, sino también en su gestión posterior a nivel municipal, autonómico o estatal. De esta manera, se busca desvincular el concepto actual que limita al "proyecto constructivo" como la mera redacción de documentos para la edificación de un edificio o infraestructura, y más bien reconocer su impacto integral en la configuración y desarrollo de la ciudad.

El proyecto de ciudad inteligente parte necesariamente de la digitalización de sus unidades básicas o "células": edificios e infraestructuras urbanas. Esta digitalización de los activos urbanos que constituyen las ciudades se identifica con el concepto de *Building Information Modelling*, que se utiliza indistintamente para nombrar aspectos relativos a la tecnología, metodología o los procesos asociados que conlleva.

La metodología BIM se define como el proceso de crear y gestionar información utilizando modelos paramétricos orientados a elementos tridimensionales, a lo largo del ciclo de vida de una construcción, con la finalidad de conformar una base de datos fiable para todos los agentes de la construcción.

Este documento pretende exponer la situación actual de la metodología BIM a nivel estatal, centrándonos en el observatorio CBIM del ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana para dar contexto sobre el cual mostrar la legislación actual y los estándares europeos aplicados a esta metodología. Partiendo de esta primera narración que permita un conocimiento previo común, el recorrido continúa por la motivación de



implementar esta metodología, así como una estrategia de implantación de la metodología BIM que se beneficie de la oportunidad que ofrece esta metodología **para fundamentar el proyecto de ciudad digital.**

2. CONTEXTO ACTUAL

2.1. Contexto Internacional

El modelado de la información de la construcción (BIM) se ha adoptado internacionalmente de forma heterogénea. La metodología BIM se reconoce como concepto cosmopolita visto cada vez más como un enfoque valioso para el diseño, la construcción y la operación y mantenimiento de edificios. Existen a día de hoy numerosas naciones que han exigido o fomentado el uso de BIM en proyectos de infraestructura pública. Sin embargo, cabe puntualizar que el grado de adopción de BIM y el nivel de madurez difieren significativamente según la región, la industria y el entorno regulatorio.

Tomando como punto de partida países occidentales, es correcto señalar que la metodología BIM ha sido ampliamente adoptada en los Estados Unidos, particularmente en los sectores de la construcción y la ingeniería. Con el fin de dar un ejemplo tangible, se podría señalar a la Administración Federal de Carreteras (FHWA), que a día de hoy continúa trabajando con el objetivo de promover BIM en sus infraestructuras como un conducto de unión digital entre el diseño, la construcción y la operativa y mantenimiento de un activo de infraestructura. Tal como reflejan en sus publicaciones, esta administración busca un mayor acceso y una mejor integración de los datos ubicados geoespacialmente que aumentarán la eficiencia y la productividad de la ejecución del proyecto. En un registro más específico y como ejemplo de éxito en coordinación de proyectos mediante BIM, se podría mencionar el proyecto de Reconstrucción del Puente Samuel De Champlain en Montreal que ejemplifica dicha integración geoespacial incluso en ambientes que requieren la colaboración internacional, en este caso, con la Administración Canadiense de Puentes de esa zona.

Por otra parte, en los países de Latinoamérica, su uso es aún incipiente y bastante reducido, siendo muy heterogénea la intensidad de su desarrollo y uso para cada país. Entre los países con mayor grado de madurez en la transición hacia esta metodología encontramos Chile, México, Perú y Argentina. Cabe añadir que, con el fin de promover el uso de BIM, se ha creado una Red BIM de gobiernos que pretende alinear las diferentes estrategias nacionales.

Al otro lado del atlántico encontramos a **Reino Unido**, que lidera el desarrollo de iniciativas de implementación BIM a nivel europeo y está a la vanguardia de la adopción de BIM promoviendo activamente el uso de BIM en la industria de la construcción. El gobierno de UK se ha fijado el objetivo de alcanzar el llamado “BIM de nivel 2” (que

implica trabajo colaborativo e información digital compartida) en todos los proyectos financiados con fondos públicos.

Como resultado, BIM es a día de hoy ampliamente utilizado en la industria de la construcción del Reino Unido, con numerosas organizaciones implementando nuevos procesos y tecnologías BIM. Un ejemplo relativamente reciente es la reforma del Park Crescent de Londres en 2019, situado en Regents Park, con una superficie de 29.000 m², que supuso una inversión de 156 millones de euros y que se ha realizado mediante la metodología BIM, lo que permitió centralizar la información de un complejo edificatorio de tal envergadura asegurando el éxito de la unificación de la información.

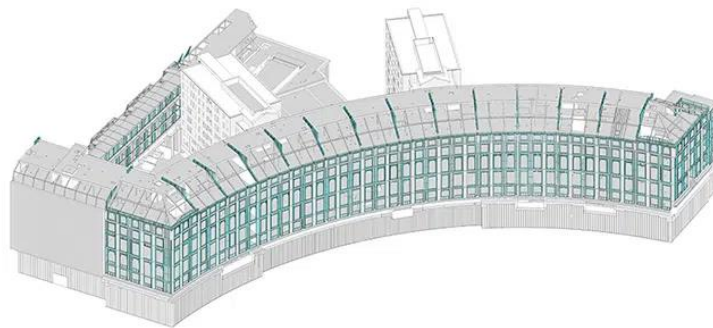


Imagen Regents Crescent. De mv-bim.com/portfolio-item.

Siguiendo con este recorrido internacional, y en lo relativo a los países miembros de la unión europea, la adopción de BIM ha ido creciendo de forma dispar entre los estados miembros, pese a que la UE a día de hoy promueve de igual manera el uso de BIM en la comunidad, con el objetivo de mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de la industria de la construcción. Algunos países, como Noruega, Finlandia y Dinamarca, han sido los primeros en adoptar esta metodología y a día de hoy ya lo han integrado en sus estrategias nacionales de construcción.

Si continuamos nuestro viaje hacia zonas orientales, es preciso señalar que la implementación de BIM también está cobrando impulso en la región de Asia y del Pacífico, con países como Singapur, Japón, Corea del Sur y China, que promueven e implementan activamente BIM sus correspondientes industrias de construcción, algunos incluso generando sus propios estándares de BIM a nivel estatal como es el caso de China. En cuanto al Medio Oriente, BIM está creciendo en países como los Emiratos Árabes Unidos, Qatar y Arabia Saudita que reconocen los beneficios de BIM en sus numerosos y ambiciosos proyectos en los que incorporan infraestructuras de gran calibre y presupuesto.

Todos y cada uno de estos países ya mencionados han reconocido el potencial de BIM con el objetivo de mejorar los procesos de construcción, reducir costes y mejorar los resultados de los proyectos y, aunque cabe destacar que la adopción de BIM es un proceso **continuo**, y el nivel de implementación es variable según las diferentes regiones y países, **todos ellos consolidan la tendencia mundial: la digitalización del sector de la construcción**. La metodología BIM es, por tanto, reconocida internacionalmente como una metodología capaz de mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y el rendimiento de la industria de la construcción, y la tendencia, tal y como señalan los datos, es que su adopción continúe creciendo a nivel mundial.

Tanto es así que, en España, disponemos del Plan BIM en la contratación pública, que fue aprobado en Consejo de ministros, en fecha 27 de junio de 2023, conforme a la propuesta elaborada por la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública, en el marco temporal de 2024-2030 hasta hacer efectiva su total implementación.

2.1.1. Tendencias de uso a nivel internacional

La metodología BIM sigue evolucionando y siendo ampliamente adoptada en la AEC, la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción desde su creación. Dada la singularidad del sector, se ha ido adaptando a otras tecnologías provocando sinergias interesantes. Éstas son algunas de las tendencias y prácticas actuales en BIM:

- **BIM basado en la tecnología de la nube:**

La tecnología de la nube ha incrementado exponencialmente el uso de BIM y la forma en que se almacenan, acceden y comparten los datos de los modelos de información generados a través de cualquier metodología. Las plataformas basadas en la nube permiten que las partes interesadas colaboren en tiempo real, incluso en diferentes ubicaciones y zonas horarias, lo que permite una comunicación y coordinación fluidas entre los miembros del equipo, deslocalizados totalmente alrededor del globo.

El concepto “BIM basado en la tecnología en la nube”, es en realidad un concepto simple y se refiere al uso de **herramientas de BIM que se ejecutan en la nube con un visor de modelo integrado**, lo que significa que la información y los datos del proyecto se almacenan y acceden a través de internet en lugar de en los servidores locales. En un entorno BIM en la nube, los usuarios pueden colaborar en tiempo real y compartir información de manera más eficiente. Los equipos de proyecto obtienen la posibilidad de acceder a los modelos y los datos intrínsecos del proyecto desde cualquier lugar, lo que facilita la colaboración y la comunicación entre los miembros del equipo, incluso, si

se encuentran en diferentes lugares geográficos. Además, el uso de BIM basado en la tecnología en la nube permite una mejor gestión de las versiones y el control de cambios, ya que todos los usuarios trabajan en una única versión del modelo y, por tanto, tienen acceso a las últimas actualizaciones. Esto, a su vez, reduce la posibilidad de cometer errores debido a la falta de sincronización de datos y actualizaciones entre los usuarios. Este concepto es, en consecuencia, de los más populares y utilizados a día de hoy.

- **Integrated Project Delivery (IPD):**

El proyecto IPD, o la integración de todos los ámbitos en un proyecto de construcción, es un enfoque que promueve la colaboración y la participación temprana de todas las partes interesadas del proyecto, incluidos propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas y subcontratistas, para optimizar los resultados del proyecto. El modelo BIM se utiliza como una herramienta central para el intercambio de datos y la coordinación entre los miembros del equipo del proyecto en un entorno IPD. En otras palabras, todos los agentes ya mencionados realizan sus respectivos proyectos y comentarios sobre un único modelo digital que los centraliza a todos. El ejemplo más claro y cercano de proyecto IPD sería el que incluye proyecto de arquitectura, estructuras e instalaciones, todos en un único modelo de datos.

En el contexto de BIM aplicado a IPD, la información del modelo de construcción digital es utilizada como una herramienta central para la toma de decisiones y la gestión de proyectos. Los modelos BIM son utilizados por todos los miembros del equipo de proyecto para desarrollar un plan de construcción detallado, analizar los datos de todas las disciplinas en su conjunto con el objetivo de predecir los resultados y compartir información en tiempo real.

Por último, cabe destacar que la colaboración temprana y el uso de BIM en IPD permiten a los participantes del proyecto trabajar en conjunto para minimizar los riesgos, mejorar la eficiencia y reducir los costes del proyecto en general. La metodología IPD fomenta la toma de decisiones en etapas tempranas y de manera conjunta, la definición de objetivos comunes y el uso de incentivos para lograr los objetivos de los participantes.

- **BIM para la sostenibilidad:**

La metodología BIM se está utilizando con el objetivo de integrar la sostenibilidad y las prácticas de construcción ecológica en los procesos de diseño y construcción. La metodología BIM ofrece la posibilidad analizar y simular varios aspectos

simultáneamente, como el rendimiento energético, la iluminación natural, el análisis térmico y la sostenibilidad de los materiales utilizando aquellos que cumplan estadares de sostenibilidad y minimicen la huella de CO₂, con el objetivo de optimizar el rendimiento energético del edificio y reducir el impacto medioambiental. Aunque este aspecto a día de hoy es incipiente, será sin duda de los más explotados en los próximos años debido al contexto actual: cambio climático, reducción de residuos, de consumos energéticos, uso responsable del agua, y un largo etcétera.

- **BIM para prefabricación y construcción modular:**

La metodología BIM es también una oportunidad para agilizar y optimizar los procesos de prefabricación y construcción modular. Los modelos de información BIM nos brindan la oportunidad de generar bocetos de fabricación precisos mediante la creación de modelos de detalle en 3D de los módulos prefabricados. A su vez, esto se traduce en una mayor precisión en la producción y una reducción de residuos y costes. Por otra parte, incorporando datos relativos a la gestión del tiempo de construcción, nos permiten una mejor planificación de la entrega y el montaje de módulos. En caso de incluir en esta gestión del tiempo a todos los agentes implicados en su construcción, esto se traduce en una coordinación y colaboración de calidad entre los diferentes equipos de diseño, construcción y fabricación, puesto que los modelos 3D permiten una **mejor visualización y comprensión del diseño**.

- **Modelos BIM para la gestión de activos y datos:**

Aprovechando la congruencia del final de obra con la obtención de un modelo As-built BIM, es posible ver con más frecuencia el hecho de utilizar esta metodología como plataforma para gestionar datos y activos de edificios más allá de la fase de construcción tradicional. Es posible integrar los modelos BIM con otras tecnologías digitales, como dispositivos de internet de las cosas (IoT), sensores y sistemas de gestión de edificios (GMAO), con el fin de recopilar datos en tiempo real sobre el rendimiento de los edificios que, a su vez, se pueden utilizar para el mantenimiento predictivo, el seguimiento de activos y la optimización operativa.

Es posible adquirir dicha optimización operativa mediante el monitoreo y control de la energía ya que los sensores de IoT proporcionan la posibilidad de ser utilizados con el objetivo de monitorear el consumo de energía en un edificio en tiempo real a través de dispositivos de control del consumo eléctrico. Por otra parte, integrar la información recopilada a través de estos aparatos con modelos de información generados a partir de la metodología BIM, evoca en la obtención de una mejor planificación y gestión del

consumo de energía en base a los datos adquiridos del comportamiento real de un edificio o infraestructura.

Si se propone un ejemplo práctico en cuanto a la gestión del confort del usuario, una opción sería realizar el monitoreo y control de la calidad del aire. Mediante la obtención de estos datos en un edificio adquirimos la posibilidad de alertar sobre futuros problemas de salud debidos a una calidad del aire insuficiente. Incorporando estos datos en un modelo BIM, podemos gestionar visualmente la planificación y gestión de la ventilación de los espacios tanto natural como mediante los sistemas de aire acondicionado.

En conclusión, al obtener datos mediante sensorización de activos e incorporarlos a activos de BIM, obtenemos la base necesaria para realizar el mantenimiento predictivo. El mantenimiento correctivo es la consecuencia de analizar los valores sensorizados en activos, tales como la maquinaria de climatización y verificar su mantenimiento en tiempo real, y el preventivo, en base a las estimaciones de rendimiento comparadas con los datos en tiempo real con el fin de establecer patrones de futuras averías. Combinando los datos en tiempo real con la base de datos que ofrece un modelo BIM es posible automatizar las acciones de mantenimiento tanto correctivo como predictivo en las instalaciones de una corporación.

- **OpenBIM:**

Popularmente conocido como interoperabilidad BIM, el intercambio de datos entre diferentes plataformas y software de esta metodología han ganado cada vez más atención. OpenBIM promueve estándares abiertos y protocolos de intercambio de datos, lo que permite a las partes interesadas colaborar en diferentes plataformas y aplicaciones de software.

OpenBIM permite la colaboración entre diferentes herramientas y plataformas BIM, lo que significa que los diferentes miembros del equipo pueden trabajar con la herramienta que mejor se adapte a sus necesidades y, al mismo tiempo, compartir información y modelos entre ellos. Por otra parte, utiliza estándares abiertos para el intercambio de información, por tanto, los modelos BIM pueden ser compartidos sin restricciones de licencia o formato. Es recalable, que es posible utilizar el formato abierto en todas las fases del ciclo de vida del proyecto, desde el diseño hasta la construcción y el mantenimiento con lo que al utilizar herramientas compatibles con OpenBIM, se reduce la duplicación de trabajo y los errores de comunicación entre los

diferentes miembros del equipo. Esto mejora la eficiencia del proyecto y reduce los errores que podrían retrasar el proyecto o aumentar los costes.

2.2. Estándares internacionales

El estándar BIM sirve como un conjunto de directrices, normas y requisitos técnicos para la implementación del modelado de información de la construcción en proyectos de edificación e infraestructura. Estos estándares proporcionan un marco de trabajo para la gestión eficiente de la información del proyecto a lo largo de todo el ciclo de vida del mismo. A continuación, se muestran tres estándares: La PAS1192, la ISO 19650, y el formato IFC, que representan facetas de diferente índole, pero igualmente necesarias, en la implementación de BIM en proyectos, en la gestión de BIM a nivel organizativo y como formato de intercambio.

2.2.1. PAS 1192

La norma PAS 1192, (*Publicly Available Specification*), es una de las tipologías de especificación técnica desarrollada por el *British Standards Institution* (BSI) en el Reino Unido. La PAS 1192 se refiere a un conjunto de estándares BIM que han sido ampliamente adoptados en UK y en otros países como referencia para la gestión de la información en proyectos BIM. Esta especificación técnica se divide en tres documentos o partes diferenciadas:

La primera, la **PAS 1192-2:2013**: "*Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using Building Information Modelling (BIM)*". Esta se enfoca en la gestión de la información durante la fase de construcción del proyecto, incluyendo la creación, intercambio y uso de modelos de información del edificio. Proporciona directrices detalladas sobre los procesos y requisitos de información para la **implementación de BIM en la fase de construcción del proyecto**.

La estructura de este documento se divide en seis secciones principales, partiendo de una introducción que ubica y proporciona al usuario, un alcance que se determina en la fase de construcción del proyecto y siguiendo con los términos y definiciones necesarios para profundizar y procesar el documento correctamente.

El documento da inicio con los requisitos generales de gestión de información, incorporando la necesidad de un plan de gestión de información (BIM Execution Plan), así como los requisitos de intercambio de información durante el ciclo de vida del proyecto especificando formatos y protocolos a seguir con el fin de determinar una

trazabilidad común de dicho intercambio. Cabe destacar el apartado donde se incluyen requisitos de seguridad de la información que permite el cumplimiento de normativas y proporciona seguridad jurídica al proyecto digital. Por último, y así lo da a entender su título, requisitos para la entrega de la información, donde el cliente o usuario final del proyecto es clave para determinar las necesidades que regirán las especificaciones de todos los puntos tratados.

La segunda parte es la **PAS 1192-3:2014**: "*Specification for information management for the operational phase of assets using Building Information Modelling (BIM)*": Esta parte se refiere a la gestión de la información durante la fase de operación y mantenimiento del edificio o activo construido. **Proporciona directrices para la incorporación de información de operación y mantenimiento en el modelo BIM**, con el objetivo de mejorar la gestión del ciclo de vida del activo.

La tercera y última parte es la **PAS 1192-4:2014**: "*Collaborative production of information Part 4: Fulfilling employer's information exchange requirements using COBie – Code of practice*": Esta parte se centra en el **intercambio de información en formato Construction Operations Building information exchange (COBie)**, un formato de intercambio de datos utilizado para la gestión de información del activo construido y, por tanto, se enfoca en la gestión de información durante la etapa operativa y de mantenimiento de los activos construidos utilizando el modelado de información de construcción (BIM).

De igual manera que su antecesora 1192-2, lo primero que determina el documento es un alcance, a la vez que define los términos y definiciones clave utilizados en el documento. Le sigue el apartado de requisitos para la gestión de la información, donde se detallan los requisitos y las directrices para la gestión de la información durante la etapa operativa y de mantenimiento de los activos tales como la estructura de la información, los métodos de intercambio de datos y los requisitos para los sistemas de gestión de la información. Prosigue el documento con un apartado especialmente dedicado a los activos y sus atributos, en el que se centra en la identificación y definición de los activos y sus atributos relevantes para la gestión de la información en la etapa operativa. Se establecen requisitos para la creación, almacenamiento y actualización de información relacionada con los activos.

Cabe señalar que en este documento se establecen requisitos de entrega de información, en el que se describen aquellos para la entrega de información durante la transición de la etapa de construcción a la etapa operativa. Se especifica el formato y la estructura de la información, así como los métodos de entrega y los requerimientos para

el traspaso de responsabilidades. Del mismo modo, se definen requisitos para la seguridad de la información con el fin de salvaguardar la integridad del proyecto digital en aspectos como la protección de datos, controles de acceso y gestión de riesgos. Por último, los requisitos para la integración con sistemas existentes: en la que se abordan las necesidades para la integración de la información BIM con los sistemas de la operativa y mantenimiento de los activos. Se describen los estándares y protocolos de interoperabilidad que deben considerarse.

Como consecuencia directa de la PAS 1192, se establece el **BIM Execution Plan** (Plan de Ejecución BIM), que es un documento clave en la implementación del Modelado de Información de Construcción (BIM) en un proyecto de construcción. En este documento se establecen los propósitos, protocolos, objetivos, etc. En otras palabras, el BEP nos indica el qué, para qué, cuando, cómo y por qué se va a realizar un proyecto mediante la metodología BIM, haciéndose especialmente relevante en el alcance del proyecto digital. **Todo plan de ejecución BIM debería presentar la estructura que se define en el anejo primero del presente documento.**

2.2.2. ISO 19650

Con el título: *Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil*, incluyendo la gestión de información del ciclo de vida utilizando modelos de información del edificio, ésta es una norma internacional que proporciona directrices para la gestión de la información en proyectos de construcción utilizando el enfoque de la metodología BIM.

Aunque es cierto que las ISO no son de obligado cumplimiento, estas dan las pautas como herramientas y guías voluntarias para las organizaciones y empresas que deseen implementarlas. La adopción y aplicación de estándares ISO es voluntaria, aunque en algunos casos puede ser requerida por leyes estatales, regulaciones locales, acuerdos comerciales o especificaciones de clientes. En este aspecto, las administraciones públicas tienen la opción de jugar un papel fundamental para ser el objeto tractor de la metodología BIM, a la hora de exigir el cumplimiento, no sólo de criterios BIM, sino también de aplicar las ISOs en los proyectos de construcción.

Esta norma internacional proporciona un marco de trabajo para la implementación de BIM en proyectos de construcción, con el objetivo de mejorar la colaboración, eficiencia y calidad en la gestión de la información del proyecto. Cabe señalar, que la ISO 19650 es una norma internacional, por tanto, su adopción y aplicación es variable en función de la latitud donde nos situemos.

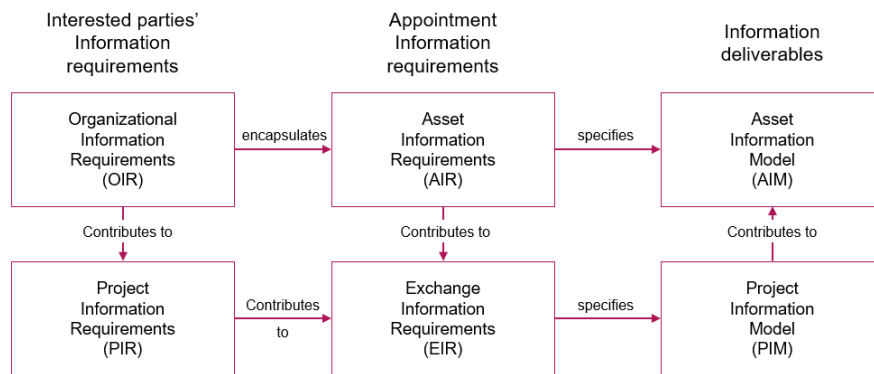
Como norma, fue publicada en dos partes, la primera parte, ISO 19650-1:2018: "Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil - Parte 1: Conceptos y principios": Este fragmento establece los conceptos y principios generales para la gestión de la información del proyecto utilizando BIM, incluyendo la definición de roles y responsabilidades de los participantes, la gestión de la información en diferentes fases del proyecto, y la colaboración y coordinación entre los equipos de proyecto.

La segunda parte, ISO 19650-2:2018: "Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil - Parte 2: Proceso de gestión de la información del ciclo de vida del activo utilizando modelos de información del edificio (BIM)": Esta parte se enfoca en el proceso de gestión de la información a lo largo del ciclo de vida del activo construido, desde la fase de concepción hasta la fase de operación y mantenimiento. Incluye directrices sobre la definición de los requisitos de información, la creación y gestión de modelos de información del edificio, el intercambio de información y la utilización de la información para la operación y mantenimiento del activo construido.

Requerimientos de intercambio de información

La principal consecuencia de incorporar la ISO 19650 en una corporación es la determinación de cómo se organiza y digitaliza la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo la gestión de información del ciclo de vida y utilizando para ello modelos de información del edificio. La documentación derivada de esta determinación son las guías de requisitos de intercambio de la información, tal como lo establece la ISO, que se engloban en 4 documentos relacionados entre sí.

En el gráfico se identifican y jerarquizan los documentos a nivel corporativo: requisitos de información de la organización (OIR), requisitos de información del activo (AIR), requisitos de información del proyecto (PIR), y los requisitos de intercambio de la información relativa a proyectos, obras y gestión de los activos o, abreviado, requisitos de intercambio de la información (EIR).



A nivel interno se sitúan los documentos en los que se explica cuáles son los requisitos de información en relación a los objetivos internos de la administración (OIR) y de la gestión de sus activos a lo largo de todo su ciclo de vida, incluyendo la fase de proyecto y obra (PIR) y en su operación y mantenimiento (AIR).

Los Requisitos de Información de la Organización (OIR), documento a nivel interno, recoge los requisitos de información en relación con los objetivos corporativos a nivel estratégico respecto a los activos que gestiona. Esto incluye, por ejemplo: objetivos estratégicos a nivel de modelo de negocio y objetivos estratégicos relacionados con la gestión de activos (globales e individuales) entre otros.

Dichos objetivos servirán para sentar las bases de cómo se tendrán que gestionar los activos a nivel interno (AIR y PIR) y cómo los proveedores tendrán que implementar BIM (EIR) para poder alcanzar estos objetivos durante todo el ciclo de vida del activo.

El documento de Requisitos de Información del Activo (AIR) describe los requisitos de información relativos a la gestión de los activos una vez construidos. En él, se despliegan los propósitos desarrollados en la OIR en objetivos específicos, así como los entregables, procesos y recursos que serán necesarios para alcanzarlos. El objetivo de la AIR es disponer de un documento que pueda contribuir a definir los Requisitos de Información del Encargo (EIR) relativos a la operación y mantenimiento de los activos. El EIR recoge lo descrito en los Requisitos de Información del Activo y lo complementa con lo necesario especificar en un proceso de contratación.

Los Requisitos de información del Proyecto (PIR) describen requisitos de información relativos al diseño y construcción de los activos. En él, se despliegan los propósitos desarrollados en la OIR en objetivos específicos, así como los entregables, procesos y recursos que serán necesarios para alcanzarlos. El objetivo del PIR es disponer de un documento que pueda contribuir a definir los Requisitos de Información del Encargo (EIR) relativos al diseño y construcción de los activos. El EIR recoge lo descrito en los

Requisitos de Información del Proyecto y lo complementa con lo que es necesario especificar en un proceso de contratación.

Por tanto, el EIR será el documento público para que las partes designadas implementen la metodología BIM al encargo. Este documento, el de Requisitos de intercambio de la información, (EIR de sus siglas en inglés Exchange information Requirements) es el documento que da a conocer los requisitos que deberán seguir las partes contratadas en relación con los modelos de información que desarrollarán durante un encargo y es una consecuencia directa de los tres documentos anteriores.

En resumen, los documentos a nivel de organización determinan las estrategias y objetivos principales a seguir como corporación en relación a los modelos de información de infraestructuras. A nivel de activos y proyecto, se aterrizan y materializan dichas estrategias, siempre teniendo en cuenta que la gestión de los activos dicta cómo se ha de proyectar un edificio, y por último y en consecuencia, de la determinación de cómo gestionamos activos y realizamos proyectos, es decir, de la determinación de cómo trabaja nuestra corporación a nivel de datos, se da a conocer mediante el EIR a las partes que colaboran en el desarrollo de proyectos a fin de dar un marco común alineado y bien estructurado desde el nivel directivo hasta el ejecutivo.

Por último, la materialización de esta documentación dicta, por la naturaleza de esta, que ha de situarse a la vez en varios documentos y ha de ser trazable entre estos. Nos encontramos, por tanto, ante un nuevo escenario en el que, para generar documentación que gestione la información de los modelos de información de infraestructuras, quedan obsoletos los documentos de puro texto de formatos convencionales y cogen fuerza los documentos basados en la interrelación de sus partes, con el fin de que la determinación de un proceso en un apartado o párrafo quede registrado una vez, y pueda vincularse a varios documentos al mismo tiempo.

2.2.3. IFC (Industry Foundation Classes)

IFC (Industry Foundation Classes), es un estándar internacional desarrollado por la BuildingSMART International, una organización global que promueve la interoperabilidad y la colaboración en la industria de la construcción mediante la estandarización de la información del modelo de información del edificio (BIM). Este formato fue desarrollado y lanzado por primera vez en 1994 por el International Alliance for Interoperability (IAI), organización que posteriormente cambió su nombre a buildingSMART International. IFC fue uno de los primeros estándares desarrollados por la IAI y ha evolucionado y mejorado desde entonces con el fin de promover la interoperabilidad y la colaboración en la industria de la construcción a nivel mundial.

IFC define un esquema de datos neutral y abierto para la representación de la información del modelo de información del edificio (BIM) en un formato digital interoperable. **Proporciona un lenguaje común** para describir de manera jerárquica elementos de construcción, relaciones entre elementos, propiedades y atributos, así como su geometría, todo en un formato estructurado.

Cada objeto en el IFC posee sus propios atributos, como el nombre, la descripción, las dimensiones, los materiales, etc. Estos atributos se agrupan mediante los denominados *property sets*, y nos permiten organizar la información por la semántica de esta. Cabe destacar que este formato ofrece la posibilidad de definir reglas y restricciones para los objetos, lo cual proporciona un enfoque similar a la integridad referencial.

El estándar IFC permite además la interoperabilidad entre diferentes aplicaciones de software de diseño, ingeniería, construcción y gestión del ciclo de vida de los edificios, lo que significa que los datos del modelo BIM pueden ser intercambiados y utilizados por diferentes softwares sin perder información ni funcionalidad. Esto facilita la colaboración entre los diferentes participantes de un proyecto de construcción, mejora la comunicación y reduce errores, pero más importante aún, aumenta la eficiencia en el intercambio de información a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio hasta llegar a la operación y mantenimiento. Sin esta metodología y modelo de datos, no sería posible una trazabilidad real de los datos a lo largo del ciclo de vida de un activo o infraestructura urbana.

El formato IFC es ampliamente utilizado en la industria de la construcción a nivel mundial como un estándar para la interoperabilidad y el intercambio de información entre diferentes aplicaciones de software BIM. Además, IFC se ha convertido en un estándar de facto para la integración de modelos BIM en proyectos de construcción y ha sido adoptado por muchas organizaciones, empresas y gobiernos como parte de sus estrategias de implementación de BIM.

La principal diferencia entre una base de datos relacional convencional y el IFC como base de datos relacional de objetos es que el IFC está orientado a representar la información específica del modelo BIM, mientras que una base de datos relacional tradicional puede almacenar y gestionar una amplia gama de datos no relacionados con la construcción.

¿IFC, base de datos de la construcción?

A lo largo del proceso de maduración de la metodología BIM, nos percatamos de un aspecto que se suele abordar en conferencias y seminarios con respecto a los modelos de información realizados mediante metodología BIM y no es otro que el de mencionar que los modelos BIM son la base de datos de todos los agentes de la construcción. Se podría generar un debate alrededor de la filosofía que encierra esta afirmación, no obstante, y para evitar equívocos, intentemos arrojar un poco más de luz.

El formato IFC no es una base de datos en sí misma, sino un estándar de intercambio de información utilizado en la industria de la construcción y la arquitectura para representar datos relacionados con edificios y proyectos de construcción. IFC se utiliza para modelar la información de manera semántica y describe elementos de construcción, sus propiedades y relaciones.

Por tanto, el formato IFC no está intrínsecamente vinculado a una base de datos relacional ni a una base de datos orientada a grafos. La elección de la base de datos subyacente para almacenar y gestionar los datos IFC depende de la implementación y las necesidades específicas de un proyecto o de una corporación.

En la práctica, los datos de modelos en formato IFC pueden almacenarse en varios tipos de sistemas de gestión de bases de datos, incluyendo bases de datos relacionales, bases de datos orientadas a documentos o incluso bases de datos orientadas a grafos, dependiendo de los requisitos, las necesidades y las preferencias del proyecto y de los profesionales involucrados.

Por lo tanto, IFC se centra en la representación y el intercambio de información de construcción de manera semántica, y la elección de la base de datos subyacente para almacenar los datos IFC es una consideración de implementación que puede variar de un proyecto a otro.

2.3. Contexto estatal. Observatorio CBIM

Con el fin de conocer el estado, desarrollo e implantación de la metodología BIM a nivel estatal es necesario partir de una base común que nos permita conocer y comparar las acciones que se están llevando a término en esta materia a nivel nacional. Aquí el efecto tractor de la administración pública en sus niveles y escalas permite evaluar, mediante el estudio de las licitaciones públicas, el estado del arte BIM.

Con este fin, el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda urbana creó en mayo de 2017 el Observatorio de Licitaciones Públicas BIM, con el objetivo de conocer el avance de la implantación de la metodología BIM en España. Para ello, el observatorio CBIM revisa periódicamente la publicación de licitaciones públicas en el Boletín Oficial del Estado y otros boletines, identificando la incorporación de requisitos BIM, y se lleva a cabo un análisis cuantitativo y cualitativo de esa información.

2.3.1. Nivel Estatal

Actualmente, en el estado español, la implantación de la metodología BIM está avanzando de forma constante pero lenta, con una tasa de implantación relativamente baja, generalmente por la falta de profesionales con capacidad para hacer uso del BIM, unido a la reticencia a cambiar todo el proceso de trabajo al que los profesionales están acostumbrados. Según una encuesta realizada en 2021 por buildingSMART Spain, en la que se preguntó a 100 empresas del sector de la construcción, sólo el 60% de estas afirman trabajar con metodología BIM en menor o mayor grado. Según este estudio, para el 22,5% de las empresas encuestadas sus proyectos BIM suponen entre el 20% y el 50% de sus trabajos, mientras que, el resto, se siguen realizando con metodologías más extendidas, tal como el CAD. Para otro 22,5% de estas empresas, el BIM supone entre el 50 y el 70% de sus proyectos, y sólo para un 10% de las encuestadas el BIM se usa en más del 70% de sus proyectos. Como vemos, si bien se ha avanzado en su implantación, esta sigue siendo lenta por los condicionantes que la rodean.

De la misma forma que vemos en el sector privado, también el sector público se adentra de una forma tímida. Con la publicación de la Ley de Contratos del sector público, Ley 9/2017, se introdujo la posibilidad de que los organismos públicos requieran el uso de BIM en proyectos y obras, aunque no de forma obligatoria. Llama la atención que, sin embargo, según el punto 6 de la Disposición adicional decimoquinta de la Ley, BIM no se considera como una metodología, sino como una herramienta informática. Como veremos más adelante, las autoridades autonómicas y locales no han visto tan evidente esta transformación, puesto que como decíamos, el cambio no es una simple sustitución de una herramienta informática por otra, sino que el BIM supone un cambio total en la forma de trabajar.

Las primeras evidencias de que el BIM llegaba a España las vemos en año 2012, cuando la Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR que desarrolla normas técnicas y certificaciones, constituyó el Comité de Normalización AEN/CTN 41/SC13 para la organización de modelos de información relativos a la edificación y obra civil. A este comité se ha incorporado recientemente el ITeC (Instituto de la Tecnología de la

Construcción) para aportar su conocimiento sobre la estructuración y uso de bases de datos en estos ámbitos.

Desde el gobierno central, con el fin de acelerar la transformación, se creó en 2015 por parte del Ministerio de Fomento, la Comisión esBIM, con representantes de las esferas pública y privada. Su función principal era la divulgación y la publicación de guías. Y para hacer un correcto seguimiento de los avances. En 2017, esta Comisión creó el Observatorio esBIM, con el objetivo de analizar la inclusión de requisitos BIM en los pliegos de licitaciones públicas tanto a nivel cuantitativo como cualitativo.

Posteriormente, fue creada por el Real Decreto 1515/2018, de 28 de diciembre y constituida en abril de 2019 la Comisión Interministerial BIM (CBIM), con la principal finalidad de avanzar en la incorporación de la Metodología BIM en la licitación pública. En el mes de abril de 2023, la CBIM aprobó la propuesta del Plan de Incorporación de la metodología BIM a la contratación pública de la Administración General del Estado y sus organismos públicos y entidades de derecho público vinculadas o dependientes. El Plan BIM contiene acciones para la implantación gradual y progresiva de BIM en los contratos públicos, con especial consideración de la PYME, y cumpliendo con los requisitos de seguridad e interoperabilidad exigibles.

Con todos estos avances, tenemos como resultado un notable auge del número de licitaciones con contenido BIM en los pliegos. Desde 2017, cuando nació el observatorio, hasta junio de 2023, el estado español, a través de sus Ministerios, ha realizado un total de 676 licitaciones que contenían exigencias BIM en sus pliegos. De todas estas, la gran mayoría las ha lanzado el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (455), seguido por el ministerio de Hacienda (107) y el de Transición ecológica y reto demográfico (31). Mientras que, si nos fijamos en la evolución anual de estas licitaciones, el aumento de proyectos donde se exige el uso de BIM en los pliegos ha sido exponencial desde 2017 hasta ahora. En 2017 los Ministerios sólo sacaron 15 licitaciones que exigían el trabajo en modelo BIM, mientras que en 2022 pasaron a ser 190. Se prevé que en 2023 el número se duplique.

Estas licitaciones donde el BIM está presente, tienen como objeto de contrato la construcción, reforma, monitorización o mantenimiento de edificaciones e infraestructuras, siendo generalmente el MITMA el único ministerio que realiza infraestructuras. Mayoritariamente, se exige el uso de la metodología BIM para las fases de dirección de obras y de definición del proyecto constructivo.

En cuanto a la inclusión en los pliegos de contratación de referencias a BIM, encontramos cada vez más guías e instrucciones sobre su inclusión de forma correcta, siendo cada vez más asequible que cualquier administración pública recurra a este recurso. Sin embargo, las posibilidades que existen a la hora de incluir el BIM en la licitación pública hacen que existan unas diferencias notables entre pliegos: desde trabajar con diferentes estándares, hasta diferentes exigencias en cuanto al entorno de colaboración, pasando incluso por la exigencia de diferentes tipos de entregables según la finalidad para la que se ha exigido el modelo BIM.

Para cerrar este bloque, destacamos que la metodología BIM empieza a estar presente en los planes y estrategias estatales de diversos ámbitos, tal como el Programa Nacional de Reformas (2019), el Plan de Contratación Pública Ecológica (2019), la Estrategia Española de Economía Circular (2020) o la Agenda Digital 2025 (2020). Esto denota que progresivamente es más reconocido por todo tipo de profesionales, y empieza a interiorizarse. Además, vemos como alineado a estos progresos, algunos organismos públicos como ADIF, AENA, RENFE o Correos también están llevando a cabo su propia implementación BIM.

2.3.2. Comunidades Autónomas

Si nos fijamos en las administraciones autonómicas y provinciales, vemos que existen unas enormes diferencias entre comunidades autónomas en el avance de la implantación del BIM. Vemos la ventaja muy acentuada de Cataluña respecto al resto de comunidades autónomas, al que le siguen la Comunidad Valenciana y Andalucía con mucha diferencia. Sin embargo, se puede afirmar que en el 90% de las comunidades autónomas se realizan proyectos y obras públicas con BIM, habiéndose licitado desde 2017 hasta día de hoy, por parte de autonomías y diputaciones, un total de 1462 contratos que exigían el uso de la metodología BIM. De todas estas, las publicadas por Cataluña ascienden a 949, seguido por la comunidad Valenciana con 113.

En cuanto al avance a lo largo de los últimos años, cabe destacar que se ha pasado de 72 licitaciones en 2017, a 313 en 2022. Es un avance positivo, pero destaca lo poco equilibrado entre comunidades.

En Cataluña se han llevado a cabo diversas iniciativas. A mediados de 2015 se creó en Cataluña la Comisión *Construïm el futur*, una iniciativa de carácter público-privado para juntar a los diferentes expertos del sector de la construcción y determinar las necesidades y próximos pasos de forma conjunta. Sin embargo, la gran complejidad que comporta hacer cambiar la forma de trabajar de todo un sector, y la falta de financiación, han imposibilitado que se alcancen correctamente las metas iniciales. El año siguiente,

en 2016, se firmó el Acuerdo de Gobierno del 26 de mayo de 2016, creando la Comisión Interdepartamental de BIM en la Generalitat de Catalunya, para impulsar la implantación de BIM en todos los organismos públicos que dependen de ella. Los trabajos de dicha comisión regulan el uso y la obligatoriedad del BIM desde el 11 de junio de 2019 en proyectos y obras de cierto tamaño promovidos por todas las administraciones y organismos públicos que dependen del gobierno autonómico. En 2019 también se publica el “Libro blanco sobre la definición estratégica de implementación del BIM en la Generalitat de Catalunya”, el cuál toma como referencia los contenidos desarrollados por la Comisión Construïm el Futur del ITeC durante el periodo 2015-2017, en el cual se ha elaborado una propuesta de camino de transición hacia el BIM. El resultado es que Cataluña ha pasado de 48 licitaciones con exigencias BIM en 2017, a realizar 177 en 2022, aumentando muy significativamente las dedicadas a infraestructuras, de 5 en 2017 a 129 en 2022.

También en el País Vasco, en 2016, se creó en la iniciativa BIM dentro del Cluster Eraikune, Comisión BIMEuskadi, siendo esta también una iniciativa de carácter público-privado. Esta comisión se centra especialmente en los procesos para la licitación BIM en la Administración Pública y en definir una Estrategia de sensibilización de los actores potencialmente implicados.

Por último, cabe destacar el esfuerzo de las diputaciones del País Vasco y los cabildos de las Islas Canarias, los cuales destacan por su trabajo en este ámbito a nivel de diputación.

Más recientemente, en otras comunidades autónomas también avanzan en este sector. En la Comunidad Valenciana, en 2022, la Dirección General de Innovación Ecológica en la Construcción, en colaboración con la Consellería de Hacienda y Modelo Económico, presentó la “Estrategia BIM. Digitalización para la sostenibilidad en la edificación de la Generalitat Valenciana”.

De la misma forma que ocurre a nivel estatal, se observa que las licitaciones realizadas por las comunidades autónomas, diputaciones y cabildos tienen por objeto de contrato mayoritariamente la dirección de obra y el proyecto constructivo. Observamos también que generalmente se usa tanto para proyectos de edificación como de infraestructuras.

2.4. Normativa aplicable

La metodología BIM ha ganado una creciente relevancia en el sector de la construcción y la arquitectura en los últimos años. En este sentido, existen diversas normativas a nivel estatal y autonómico que establecen los marcos de referencia y los requisitos para la aplicación de BIM en los proyectos. Estas normativas buscan fomentar la digitalización

de la industria de la construcción, mejorar la eficiencia en los procesos de diseño y construcción, y promover la colaboración y la interoperabilidad entre los diferentes agentes involucrados en un proyecto. A continuación, se describen las normativas de las cuales se tiene constancia a día de hoy.

2.4.1. Legislación estatal

La metodología BIM, se solicitará en contratos del sector público cuando se rijan por cualquiera de estas leyes:

Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público.

Real Decreto-ley 3/2020, de 4 de febrero, en lo relativo a la contratación por entidades que operan en los sectores del agua, la energía, los transportes y los servicios postales.

Ley 24/2011, de 1 de agosto, de contratos del sector público en los ámbitos de la defensa y de la seguridad.

La legislación estatal nace del marco europeo, donde en 2014, se aprobaron dos Directivas Europeas de gran relevancia en la contratación:

- La Directiva 2014/23/UE, de 26 de febrero, relativa a la adjudicación de los contratos de concesión.
- La Directiva 2014/24/UE, también de 26 de febrero, sobre contratación pública que deroga la directiva 2004/18/ce.

En ésta última aparece la obligatoriedad de utilizar sistemas electrónicos en los procesos de contratación de obras, servicios y suministros a partir de septiembre de 2018. En este sentido, es relevante mencionar el artículo 22 de la directiva, el cual hace referencia a las herramientas electrónicas de modelado e información de construcciones o herramientas similares.

A nivel estatal, disponemos de Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014. En esta ley, encontramos en el libro cuarto, título tercero, disposición adicional decimoquinta, los puntos número seis y siete:

“6. Para contratos públicos de obras, de concesión de obras, de servicios y concursos de proyectos, y en contratos mixtos que combinen elementos de los mismos, los órganos de contratación **podrán exigir el uso de herramientas electrónicas**

específicas, tales como herramientas de modelado digital de la información de la construcción (BIM) o herramientas similares. En esos casos, ofrecerán medios de acceso alternativos según lo dispuesto en el apartado 7 de la presente Disposición adicional hasta el momento en que dichas herramientas estén generalmente disponibles para los operadores económicos.

7. Cuando sea necesario, los órganos de contratación podrán exigir la utilización de herramientas y dispositivos que no estén disponibles de forma general, a condición de que ofrezcan medios de acceso alternativos. Se considerará que los órganos de contratación ofrecen medios de acceso alternativos apropiados cuando:

a) ofrezcan gratuitamente un acceso completo y directo por medios electrónicos a dichas herramientas y dispositivos a partir de la fecha de publicación del anuncio correspondiente o a partir de la fecha de envío de la invitación, en su caso. El texto del anuncio o de la invitación especificará la dirección de Internet en la que puede accederse a dichas herramientas y dispositivos, o bien,

b) garanticen que los licitadores que no tienen acceso a las herramientas y dispositivos de que se trate, o que no tienen la posibilidad de obtenerlos en el plazo fijado, siempre que la falta de acceso no pueda atribuirse al licitador en cuestión, pueden tener acceso al procedimiento de contratación utilizando mecanismos de acceso provisionales disponibles gratuitamente en línea; o bien,

c) admitan un canal alternativo para la presentación electrónica de ofertas.”

Más recientemente, disponemos de la Ley 9/2022, de 14 de junio, de Calidad de la Arquitectura, cuyo artículo 5: Medidas para que los poderes públicos preserven, fomenten y divulguen la calidad de la arquitectura reza lo siguiente en el punto dos.

“2. Los poderes públicos procurarán ante todo la excelencia y sostenibilidad de las obras en las que ejerzan como promotores, de forma ejemplarizante para otros sectores de la sociedad. Impulsarán la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i) en sus proyectos y obras y fomentarán la digitalización y la utilización de herramientas tecnológicamente innovadoras destinadas a hacer más eficiente, competitivo, seguro y de calidad, el proceso constructivo. Dichas herramientas facilitarán la redacción de proyectos, dirección de obra y dirección de la ejecución de la obra, el uso y mantenimiento de la arquitectura. Entre otras medidas, se fomentará en los proyectos del sector público el uso de herramientas electrónicas específicas, tales como metodologías de modelado digital de la información de la construcción (BIM) o similares y la incorporación de técnicas innovadoras.”

De la misma manera, el artículo 6 de la misma ley: Consejo sobre la Calidad de la Arquitectura, el apartado e) del punto 3, menciona lo siguiente:

“(…). 3. Entre las funciones del Consejo dirigidas a la protección, fomento y difusión de la calidad de la arquitectura y la mejora de la gobernanza se encuentran: (...)

e) Facilitar, en coordinación con la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM (Building Information Modelling) en la contratación pública, la digitalización del proceso constructivo, así como la incorporación progresiva de modelos de información integrada en el patrimonio público al objeto de facilitar, optimizar y hacer más sostenible su explotación y mantenimiento. (...)”

Es importante mencionar que la normativa deja abierta la posibilidad de incorporar requisitos relacionados con BIM en los pliegos de contratación, siempre y cuando se justifique su necesidad y se ajuste a los principios de igualdad, no discriminación y proporcionalidad. Y según la ley 9/2022, hablamos en todo caso de fomentar la metodología BIM. Esto significa que los órganos de contratación pueden incluir criterios relacionados con BIM como parte de la valoración de las ofertas, pero no existe aún a día de hoy una obligación generalizada de utilizar BIM en todos los contratos de obra públicos.

Cabe destacar que, a pesar de la falta de obligatoriedad por ley, muchas entidades y organismos públicos en España han incorporado requisitos relativos a la metodología BIM en sus licitaciones públicas de forma voluntaria para los proyectos de construcción, sobre todo en aquellos de gran envergadura y cuyo presupuesto ofrece facilidades económicas en cuanto a la aplicación de esta metodología.

De hecho, encontramos licitaciones públicas en las que la metodología BIM se incorpora como condición de ejecución del contrato. En concreto, el **Órgano Administrativo de Recursos Contractuales de la Comunidad Autónoma de Euskadi analizó su admisibilidad en la resolución 102/2019** argumentando que:

"El núcleo de la pretensión del recurso es determinar si la obligación de aplicar la metodología BIM como condición especial de ejecución y/o como cláusula de penalización (por el quebranto del compromiso de aplicación) es una “barrera de entrada” que impide ilegítimamente el acceso a la licitación y la libre competencia (ver, por ejemplo, el artículo 126.1 de la LCSP). (...)

Transcurrido más de un año desde la entrada en vigor de la LCSP, y más de 5 años desde la publicación de las Directivas 2014/24/UE (ver su artículo 22, apartados 4 y 5), ha habido tiempo suficiente para que los diversos operadores del mercado del ámbito de la arquitectura, ingeniería, construcción, así como la Administración pública, se hayan adecuado a una metodología de trabajo impulsada por las propias administraciones

(europeas, nacionales y autonómicas), de tal forma que su exigencia actual no supone una discriminación de potenciales licitadores ni la restricción indebida del acceso de los operadores económicos a los procedimientos de contratación.

A falta de datos estadísticos actualizados, según la última encuesta publicada por el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, de mayo de 2016,¹ El grado de implantación de BIM entre los arquitectos encuestados alcanza el 40%, siendo su uso mayor en la redacción del proyecto y en el seguimiento de la obra, por lo que este Órgano considera que, transcurridos dos años desde la realización de dicha encuesta y dado el gran esfuerzo realizado por todos los operadores del mercado para su implantación, la disposición de la herramienta o metodología BIM es tan general como para que los órganos de contratación no se encuentren obligados a ofrecer los medios de acceso alternativos, según lo dispuesto en el apartado 7 de la Disposición adicional decimoquinta. Puede reforzarse esta conclusión teniendo en cuenta que, según los informes del Observatorio del BIM, el uso y la exigencia de esta tecnología son cada vez más habituales, y que ya es obligatoria, por ejemplo, para los contratos, entre otros, de servicios de redacción de proyectos en la Comunidad Autónoma de Cataluña.

Por tanto, no siendo necesario a juicio de este Órgano ofrecer medios de acceso alternativos al BIM para la ejecución del presente contrato, y no constando que la prescripción impugnada sea arbitraria, desproporcionada o irrelevante para el interés general, debe desestimarse este motivo del recurso; por el contrario, este Órgano estima que la prescripción denunciada, si bien puede limitar en cierta medida el acceso a la licitación al exigir el uso de una metodología de trabajo concreta, obedece a razones de interés público atendibles, proporcionadas y relacionadas con el objeto y finalidad del contrato, estando su inserción en los pliegos amparada por la discrecionalidad técnica que asiste al órgano de contratación. En este sentido, se observa que el órgano contratante acredita que la utilización de la metodología BIM es una característica relevante para el interés público y la finalidad del contrato (entre otras cosas, es la manera más adecuada de conocer y controlar los costes del ciclo de vida del proyecto). (...)"

Como conclusión, entendemos por lo ya descrito, que no existe obligatoriedad por ley de aplicar metodología BIM en toda la contratación pública referente a obras, no obstante, a día de hoy observamos licitaciones que incluyen metodología BIM, como así lo hemos verificado según CBIM en el punto 2.2 del presente documento, como criterio de valoración técnico y mejora de contrato así como condición de ejecución, y en éste último caso, existe, según la Resolución 102/2019 del Órgano Administrativo de

Recursos Contractuales de la Comunidad Autónoma de Euskadi, jurisprudencia al respecto que la respalde.

2.4.2. Legislación autonómica

Las comunidades autónomas en España, en ejercicio de sus competencias en materia de ordenación del territorio y urbanismo, han promulgado leyes y decretos que buscan establecer un marco normativo específico para la implementación de BIM en sus respectivas jurisdicciones. Estas normativas autonómicas, en consonancia con las directrices estatales, enfatizan la necesidad de utilizar BIM en los proyectos de construcción con el objetivo de mejorar la calidad, la eficiencia y la sostenibilidad de las obras.

C.A. Cataluña

En Cataluña, se dispone del [ACUERDO GOV/81/2023](#), de 4 de abril, por el que se determinan los contratos en que debe aplicarse la metodología de trabajo colaborativa y virtual llamada Building Information Modelling (BIM) y la forma y las condiciones para hacerlo, y se deja sin efecto el Acuerdo del Gobierno de 11 de diciembre de 2018.

El Acuerdo del Gobierno de 11 de diciembre de 2018 estableció la obligación de utilizar la metodología de trabajo BIM en todos los contratos de obra civil y de edificación, de concesión de obras y de concursos de proyectos que tienen por objeto obras de primer establecimiento, rehabilitación o restauración, con un valor estimado igual o superior al establecido para los contratos sujetos a regulación armonizada, con un periodo transitorio de aplicación de entre tres y seis meses según sean contratos de redacción de proyectos o de obras, respectivamente. Asimismo, dispuso que el titular del departamento competente en materia de territorio, a propuesta de la Comisión, debía ampliar los contratos en que la implementación de la metodología BIM era obligatoria.

Transcurridos cuatro años desde la aprobación del mencionado Acuerdo del Gobierno, la experiencia en la aplicación de la metodología BIM ha sido muy satisfactoria, ya que se han cumplido con creces las previsiones de aplicación al haber adjudicado la Administración de la Generalitat y su sector público, durante el año 2021, un total de 128 obras con prescripciones BIM, por un importe de 536 millones de euros. Hay que destacar que 108 de estas obras no eran armonizadas y, por lo tanto, no existía la obligación de licitar los contratos con esta nueva metodología.

En este marco, se planteó la conveniencia de modificar el Acuerdo del Gobierno de 11 de diciembre de 2018, para ampliar los contratos en los cuales debía aplicarse

obligatoriamente la metodología BIM rebajando el umbral mínimo de aplicación. También se derogaron las disposiciones de carácter transitorio ya superadas.

Por tanto, el acuerdo GOV/81/2023 establece, entre otros puntos:

1. La obligatoriedad de aplicar la metodología de trabajo de modelado de información de construcción (BIM) a todos los contratos de obra civil y de edificación, incluidos los contratos de obra en que se licite conjuntamente la redacción del proyecto y la ejecución de la obra, los de concesión de obras y los de concursos de proyectos que tienen por objeto obras de primer establecimiento, rehabilitación o restauración, promovidos por la Administración de la Generalitat de Catalunya y su sector público, que tengan un valor estimado igual o superior a 2.000.000 €, y en todos los contratos de servicios de redacción de proyectos y de dirección de las obras relativos a los contratos mencionados, con independencia de su valor estimado.

La utilización de la metodología BIM se puede establecer como prescripción técnica en los pliegos de prescripciones técnicas o en los documentos descriptivos, según corresponda, y también como condición de ejecución en los pliegos de cláusulas administrativas particulares.

2. Introducir la posibilidad de que los departamentos y los entes del sector público de la Administración de la Generalitat de Catalunya, en los casos en que no sea preceptivo, exijan la utilización de la metodología BIM en contratos de obras y de concesión de obras, en concursos de proyectos, en los contratos de servicios – particularmente, los contratos de servicios relativos o vinculados a los que se corresponden con el ciclo integral de la actuación como pueden ser las fases de mantenimiento, operación y etapa de fin de vida de la obra– y en los contratos mixtos que combinen elementos de los contratos anteriormente mencionados, independientemente del valor estimado del contrato, si el correspondiente órgano de contratación lo considera pertinente, entre otros supuestos cuando por la propia singularidad de las obras la utilización de la metodología BIM pueda generar más rendimientos.

En conclusión, la Generalitat de Catalunya apuesta claramente por ser el motor que impulse en su sector público y privado la metodología BIM a fin de mejorar la eficiencia de sus proyectos y reducir los costes en la construcción tal como se deriva de las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, y de su trasposición a la ley 9/2017 LCSP. Así lo constatamos según los datos de licitaciones que incorporan criterios BIM según el punto 2.2 del presente documento.

Comunidades Autónomas.

Encontramos de manera generalizada en el contexto autonómico, una distancia generalizada respecto a la perspectiva catalana en materia de la metodología BIM. Mientras que Catalunya apuesta por el impulso de sus sectores público y privado, y legislar en la materia, encontramos en comunidades como Murcia, Extremadura, Navarra, Madrid, Valencia, Andalucía, Castilla y León, Canarias, Castilla-La Mancha, Galicia y Aragón, decretos y resoluciones que, en mayor medida, tienen el propósito de repercutir en el ámbito educativo a fin de estipular estudios, cursos y másteres que incluyan esta metodología y así formar las nuevas generaciones u ofrecer la renovación de competencias digitales a las generaciones que actualmente desarrollan sus funciones en el sector de la construcción. En conclusión, no encontramos, a día de hoy, ninguna legislación análoga en el resto de las comunidades autónomas equiparable a la catalana.

3. LA METODOLOGIA BIM, NUEVO PARADIGMA DE LA CONSTRUCCIÓN Y GESTIÓN DE LAS CIUDADES

La implementación de la metodología BIM en proyectos de construcción ofrece una amplia gama de beneficios en términos económicos, medioambientales y sociales. Según la empresa que los implemente estos beneficios pueden orientarse hacia unos u otros dependiendo de la naturaleza y la envergadura de dicha empresa. Es vital que cada corporación determine hacia qué ámbito quiere dirigir los modelos de BIM para obtener un beneficio concreto, cuantificable y replicable.

En cuanto a los beneficios económicos y en el ámbito de la construcción, la aplicación de BIM conlleva ahorros significativos tanto en la fase de ejecución como en la de explotación. En la primera fase, los ahorros se derivan de una mejor planificación y coordinación de los trabajos, reduciendo los errores y conflictos en el diseño y evitando la duplicidad y repetitividad en las tareas. Se estima que los ahorros económicos en la fase de ejecución pueden alcanzar entre un 10% y un 30% del presupuesto total del proyecto. Los datos a día de hoy arrojan un ahorro del 10% en los plazos de ejecución con su consiguiente repercusión en los costes.

En la fase de explotación, el BIM ayuda a gestionar la energía y los recursos del edificio de manera eficiente. Se pueden encontrar oportunidades de ahorro de energía y optimizar y calibrar el rendimiento de las instalaciones mediante el conocimiento del modelo virtual y el monitoreo y control de sistemas y equipos. Se espera que BIM pueda reducir el consumo de energía hasta un 30% y las emisiones de gases invernadero hasta un 20% durante la vida útil del edificio.

Cabe añadir que, durante la fase de explotación, la metodología BIM facilita la gestión y el mantenimiento de los edificios al contar con información precisa y actualizada sobre los componentes, equipos y sistemas. Mediante estos datos, se optimiza la planificación de tareas de mantenimiento, reduciendo los costes intrínsecos de operación dados los procesos actuales y prolongando, si se realiza el pertinente mantenimiento preventivo gracias a una mejor planificación, la vida útil de los activos. Se estima que los ahorros económicos en la fase de explotación pueden llegar a representar entre un 5% y un 15% de los costos de mantenimiento anuales.

En términos medioambientales, BIM contribuye a la sostenibilidad y al ahorro de recursos en ambas fases del proyecto. Durante la fase de ejecución, el uso de BIM permite optimizar los procesos de construcción, reduciendo los residuos generados y minimizando el consumo de materiales y energía. Esto se traduce en una disminución

significativa de la huella ambiental del proyecto, con ahorros estimados en un 12-15% en el consumo de recursos naturales y una reducción del 10% en las emisiones de CO₂, siempre y cuando se apliquen las directrices adecuadas y encaradas a obtener dichas reducciones.

A nivel social, la aplicación de BIM también aporta beneficios significativos. Al permitir una gestión eficiente de espacios y servicios, el BIM mejora la calidad de vida de los ocupantes del edificio durante la fase de explotación. Los modelos BIM ofrecen la opción de planificar actividades y servicios, como la accesibilidad y el diseño de interiores, mejorando la experiencia del usuario y asegurando entornos más cómodos. Por otra parte, en la fase de ejecución, el uso de la metodología BIM mejora la seguridad laboral al permitir la identificación y mitigación de riesgos antes de la construcción física. Esto significa una reducción de accidentes en un lugar de trabajo sensible como es el de la construcción, y garantiza condiciones laborales más seguras para la plantilla.

Como conclusión es acertado señalar que la adopción de BIM no solo se traduce en eficiencia y rentabilidad, sino que también promueve prácticas constructivas más sostenibles y contribuye al bienestar social. Estos aspectos combinados consolidan la metodología BIM como un nuevo paradigma en la construcción y gestión de las ciudades, marcando una evolución fundamental en la forma en que planificamos, construimos y mantenemos entornos urbanos. Su capacidad para integrar información precisa, mejorar la toma de decisiones y fomentar la sostenibilidad lo posiciona como una herramienta indispensable para afrontar los desafíos contemporáneos y avanzar hacia ciudades más inteligentes, eficientes y habitables.

	ACTIVOS		SECTORES	
	Fase de ejecución	Fase de Explotación	Construcción	Digital
Económico	Ahorro del 10% en el plazo de ejecución ●●●●	Reducción de los costes de mantenimiento Reducción de los costes operativos ●●●●	Mejora de la competitividad del sector Aumento de la capacidad exportadora ●●	Crecimiento de la industria de servicios digitales Mercado único digital
Medio ambiental	Reducción del volumen de residuos en las obras	Optimización del consumo de energía operativo Evaluación a lo largo de todo el ciclo de vida ●	Eficiencia en la utilización de los recursos Economía circular ●	Eficiencia de los recursos de la infraestructura de datos
Social	Mayor nivel de seguridad y salud Mejora de las consultas y la participación	Mejores resultados sociales (atención a pacientes, aprendizaje de los estudiantes...) ●	Puestos de trabajo de la construcción más seguros Atracción de la siguiente generación al sector	Seguridad de los datos Atracción de talento digital hacia la construcción

Legenda:
● Beneficios en los que se centran los planes BIM del sector público estudiados

*Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo. EUBIM TaskGroup.2018

3.1. Ámbitos de aplicación en edificación

La metodología BIM (Building Information Modelling) ha revolucionado la industria de la construcción al proporcionar una forma integrada y colaborativa de gestionar los proyectos a lo largo de su ciclo de vida completo. BIM se aplica en diversos ámbitos, como diseño y arquitectura, construcción, explotación y mantenimiento, donde su inclusión está más que contrastada. En cambio, se abren nuevos frentes de aplicación tales como las SmartCities, el medio ambiente y la certificación de obra, entre muchos otros. Cada uno de estos ámbitos puede ser objeto de mejora mediante la metodología BIM aplicando requisitos específicos que pueden ser abordados de manera eficiente, lo que a su vez brinda beneficios significativos. A continuación, veremos una estructura práctica en la que se hace referencia a la vinculación directa que se logra al trazar un requisito de contrato con el uso eficaz de un modelo BIM y cómo ambos a su vez generan un beneficio directo.

El objetivo de presentar los ámbitos de aplicación con esta estructura es demostrar la trazabilidad práctica e inherente existente al aplicar un requisito BIM en licitaciones públicas, y su consecuencia a nivel de beneficios para que estas administraciones elijan inscribir estos requisitos. Cabe destacar que estos ejemplos son un pequeño muestrario que no pretende establecer unas bases, sino que busca ejemplificar un enfoque práctico a la hora de abordar el hecho de aplicar requisitos de BIM en contratos, ya sean públicos o privados.

Los ejemplos más destacados se verán a continuación en diseño y arquitectura, construcción y mantenimiento, en los que los requisitos y las ventajas están más que contrastados. En este documento, se sugieren también requisitos ambientales, sobre permisos de construcción y de certificación de obras utilizando la metodología BIM como ámbitos de futuro que se verán en el mercado a medida que avanza la tecnología.

3.1.1. Diseño y arquitectura

La metodología BIM se basa en crear modelos 3D detallados de edificios y estructuras y vincular su información asociada, lo que permite a los arquitectos, ingenieros y diseñadores visualizar y analizar sus diseños en base a datos en un entorno virtual, antes de la construcción física. Este hecho mejora la eficiencia del diseño y permite detectar posibles errores y conflictos constructivos, así como optimizar la geometría y los materiales de construcción. A continuación, exponemos un breve listado de:

1. Requisitos de un entregable,
2. El uso de BIM que se realiza en base a ese requisito,

3. El beneficio que se obtiene;

Correlación entre los planos y eficiencia en la gestión de cambios

Requisito de entregable: Generación de documentación del proyecto en fase de diseño a partir de los modelos BIM. (Dicha documentación pudiera incluir planos, listado de materiales, cuadros de carpintería... o la requerida por el proyecto.)

Uso de BIM asociado al requisito: A partir de softwares específicos en materia de modelos BIM, se genera la documentación detallada de diseño como planos, listados de materiales, cuadros de carpinterías y especificaciones técnicas directamente del modelo 3D.

Beneficios obtenidos: En base a los *inputs* anteriores, se obtiene un mayor nivel de eficiencia en el proceso de diseño y arquitectura puesto que ya no se invierte tiempo en la gestión de cambios de la documentación. Una vez generada y, puesto que está basada en un modelo 3D, si se generan cambios en el modelo 3D, su representación en plano cambia automáticamente. Al estar los planos vinculados directamente al modelo 3D, los documentos generados automáticamente se mantienen actualizados en tiempo real, es decir, que existe una veracidad 100% correlativa entre modelo y planos, y entre los planos entre sí. Cualquier modificación realizada en el modelo se refleja automáticamente en la documentación, evitando la necesidad de realizar cambios manuales y reduciendo la posibilidad de errores o discrepancias entre los documentos y el diseño real. Cabe añadir que, por la información asociada que vinculamos a los planos, y en caso de producirse un cambio muy significativo en el proyecto, siempre tendremos que realizar una mínima revisión para que los planos se visualicen adecuadamente.

Por último, destacar que la generación automática de documentación a partir del modelo BIM mejora la coherencia y la consistencia en el proceso de diseño. Al utilizar una única fuente de información, se evitan discrepancias entre diferentes documentos y se garantiza una mayor precisión y uniformidad en la información presentada.

Eficiencia en el proceso de diseño y mejora en la toma de decisiones

Requisito de entregable: Los modelos BIM del proyecto se han de entregar federados, georeferenciados y elaborados por disciplinas, separando cada disciplina en un modelo BIM independiente. A diferenciar las disciplinas de arquitectura, instalaciones, estructura, urbanización, Internet de las cosas, etc.

Uso BIM asociado al requisito: Se utiliza la metodología BIM con el fin de crear un modelo coordinado que integre varios aspectos del diseño, como arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas, hidráulicas y de climatización. Este modelo BIM coordinado permite a los profesionales trabajar juntos en un entorno virtual compartido, donde se pueden intercambiar datos y realizar modificaciones de manera coordinada entre disciplinas.

Beneficio obtenido: La colaboración y coordinación entre los diferentes equipos hace que el proceso de diseño sea más eficiente, lo que resulta en una mejor calidad del diseño y una reducción de errores y conflictos durante la etapa de construcción.

Las disciplinas se integran en un modelo BIM coordinado, lo que mejora la comunicación y la comprensión del diseño entre los profesionales. Los arquitectos, ingenieros y otros especialistas pueden visualizar el proyecto íntegro y comprender cómo sus diseños interactúan y afectan a las demás disciplinas al trabajar en un entorno virtual compartido. Esto facilita la detección temprana de posibles conflictos o incompatibilidades, lo que evita errores y duplicidad de trabajos que pueden resultar costosos en etapas posteriores del proyecto.

Además, al utilizar un modelo BIM que integre los elementos arquitectónicos y las ingenierías del proyecto, las personas expertas en cada disciplina pueden realizar análisis y simulaciones más precisas. Esto se debe a que permite evaluar el impacto de cambios o modificaciones en tiempo real.

A su vez, el contexto tridimensional del proyecto nos permite una mejor visualización y toma de decisiones. Esto conduce a la "toma de decisiones informadas" en todas las etapas del proyecto, desde la concepción inicial hasta la construcción y operación, que se basa en un modelo único de información y se comparte entre todos los actores.

Gestión y seguimiento del proceso de diseño

Requisito de proyecto: Se requiere de un Entorno Común de Datos (ECD) con acceso a todos los agentes del proyecto (promotor, mantenedor, proyectista, etc.) con el fin de visualizar y administrar modelos BIM en la nube a lo largo del ciclo de vida del activo.

Uso BIM asociado al requisito: Como promotor o parte del equipo de diseño, se utilizan los modelos en el ECD para realizar un seguimiento continuado del proceso de diseño. La metodología BIM ofrece la posibilidad de establecer un entorno común de datos que

sirva como plataforma centralizada para el seguimiento y la gestión del desarrollo del proyecto. Este entorno permite a todos los participantes acceder y colaborar en tiempo real, compartiendo y actualizando información de las etapas iniciales de manera coordinada.

Beneficio obtenido: Se obtiene un mayor control y visibilidad sobre el proceso de creación, lo que conlleva a una correcta gestión de las expectativas del proyecto por parte del promotor y mantenedor del equipo. A su vez, este entorno de compartición proporciona un nuevo escenario para una toma de decisiones más completa, una mayor eficacia en la comunicación y una considerable reducción de los errores de interpretación por parte de agentes ajenos al mundo de la construcción. En conclusión, obtenemos un seguimiento más preciso y detallado del diseño en todas sus etapas mediante un ECD por parte de todos los diferentes actores del proyecto.

Construcción virtual

Requisito de entregable: Entrega de los modelos BIM de todas las disciplinas implicadas en el proyecto con un nivel de desarrollo LOD y LOI, Level of Development and Information 350.

Uso de BIM asociado al requisito: En este caso se utiliza la metodología BIM con el fin de ahondar en el nivel de detalle de los elementos 3D que conforman un proyecto de construcción. Estableciendo como requisito un LOD 350, el uso de BIM es generar una construcción virtual con el detalle suficiente para equipararse a un proyecto ejecutivo. Como consecuencia, realizar tal nivel de detalle implica simular constructivamente el edificio. Este nivel de desarrollo implica también que el modelo contiene información detallada de los elementos constructivos, como sus dimensiones, especificaciones técnicas, costes y ubicación en el proyecto.

Beneficio obtenido: El primer beneficio es obtener una virtualización de los elementos constructivos durante el proceso de diseño. Al contar con información detallada sobre dimensiones, especificaciones y ubicación de los elementos, se puede analizar el diseño y sus consecuencias, como estudios de asoleo, y seguir más eficazmente el cumplimiento de los requisitos del proyecto.

Al establecer un nivel de detalle específico para el proyecto modelado con metodología BIM, los proyectistas obtienen la oportunidad de definir todos y cada uno de los puntos de un proyecto a diferencia de los procesos basados en CAD (Computer Aided Design), donde encontrábamos ámbitos no grafiados, o lugares y actuaciones no especificados, que daban pie a ambigüedades y malentendidos.

Simular constructivamente con un nivel de detalle establecido mejora la colaboración entre arquitectos, ingenieros y contratistas, permitiendo una planificación más precisa y una ejecución más eficiente de los trabajos. A su vez, el hecho de construir virtualmente ayuda a identificar posibles problemas o conflictos en etapas tempranas del proyecto. Esto permite corregir incoherencias constructivas a tiempo y en las fases de diseño, donde los entornos son más controlados y menos costosos que en fase de obra.

Simulación del proceso constructivo

Requisito de entregable: Inclusión de datos temporales del cronograma de obra sobre cada objeto del modelo BIM.

Uso de BIM asociado al requisito: En los modelos de BIM es posible incorporar datos de tiempo que representen las actividades y/o secuencias del cronograma de la obra. Estos datos se incorporan a los objetos del diseño, lo que permite visualizar y analizar la programación de la construcción en relación con los elementos del modelo.

Beneficio obtenido: El beneficio es lograr una mejor coordinación entre los subcontratistas que participan en la obra y obtener una mejor planificación de la misma. Cabe señalar que es habitual combinar este requisito y uso con las metodologías de *LEAN* y *Last Planner*.

A partir de estos datos de carácter temporal se identifican posibles retrasos o problemas de programación, y se optimizan los recursos y la productividad del proyecto.

Primero, al programar las sesiones de coordinación con los subcontratistas, la inclusión de datos temporales permite visualizar de manera clara y precisa las actividades y tareas a realizar en la obra. Esto facilita la identificación de posibles conflictos o solapamientos por parte de los subcontratistas.

En segundo lugar, al vincular el cronograma con los objetos del diseño en el modelo BIM, obtenemos un cronograma paramétrico y, por tanto, es asequible realizar análisis de impacto y simulaciones para evaluar posibles cambios en la programación visualizando el cambio en el modelo y cronograma casi a la vez.

3.1.2. Construcción

La metodología BIM ofrece un gran abanico de posibilidades en la gestión de proyectos de construcción para coordinar y sincronizar la información entre los diferentes equipos involucrados en la obra, como arquitectos, ingenieros, contratistas y subcontratistas.

Permite una mejor colaboración y comunicación, una planificación y programación más precisas, y una gestión eficiente de los recursos y el presupuesto.

Seguimiento virtual de la construcción

Requisito de entregable: Entregas semanales de modelos BIM actualizados durante la fase de construcción que reflejen los cambios del proyecto y los avances realizados durante las obras.

Uso de BIM asociado al requisito: Durante la fase de construcción, se utiliza el modelo BIM como una herramienta central para gestionar y coordinar los procesos constructivos. Se actualizan y modifican los elementos del modelo BIM a medida que la construcción avanza, reflejando los cambios realizados y proporcionando una representación precisa del estado actual de la obra.

Beneficio obtenido: Con estos requisitos se logra una mayor eficiencia en la coordinación de los equipos, sobre todo se refleja en una mejor comunicación con los agentes que no visitan la obra asiduamente, como por ejemplo el promotor o mantenedor.

En primer lugar, el uso de modelos BIM actualizados durante la fase de construcción permite una mejor coordinación entre los diferentes equipos y disciplinas involucrados en el proyecto. Todos los actores, incluyendo contratistas y subcontratistas, tienen acceso a la última versión del modelo BIM, lo que facilita la comunicación y la colaboración, evitando conflictos y asegurando la correcta ejecución de las tareas constructivas.

En segundo lugar, al actualizar el modelo BIM a medida que avanza la construcción, se reduce la posibilidad de errores y conflictos en la obra física. Esto contribuye a minimizar trabajos duplicados y a mantener el proyecto en línea con los estándares de calidad y plazos establecidos.

Control y gestión eficiente de presupuestos

Requisito de entregable: Vinculación de los presupuestos de obra al modelo BIM, integrando la información de costes de los elementos del proyecto.

Uso de BIM asociado al requisito: A través del modelo BIM, se enlazan los elementos del proyecto con sus respectivos costes económicos, creando una base de datos que

relaciona el modelo geométrico con la información económica. Esto permite una gestión eficiente de los presupuestos de obra y un seguimiento preciso de las partidas del presupuesto a lo largo del proceso constructivo.

Beneficio obtenido: Al incluir este requisito y utilizar modelos BIM vinculados a los presupuestos de obra, se obtiene una mayor precisión en la estimación y control de costes, una mejora en la toma de decisiones basada en información económica actualizada, y una optimización en la gestión financiera del proyecto.

Primero, vincular en fases iniciales del proyecto los presupuestos de obra al modelo BIM mejora la estimación de costes pudiendo barajar en fase de anteproyecto diferentes hipótesis y su coste estimado.

A medida que el proyecto avanza, al asignar los costes a los elementos del modelo, se obtiene una visualización clara y detallada de los gastos asociados con cada componente del proyecto. Esto permite una planificación más precisa y realista del presupuesto del proyecto ejecutivo, lo que evita problemas financieros imprevistos durante la ejecución de la obra.

En segundo lugar, esta vinculación de costes facilita la gestión de los cambios a lo largo del proceso constructivo. Mediante actualizaciones periódicas del modelo y los presupuestos, es posible realizar un seguimiento preciso de los gastos reales y compararlos con las estimaciones iniciales. Esto permite identificar desviaciones, analizar las causas y tomar medidas correctivas de manera oportuna, garantizando un uso eficiente de los recursos financieros.

En conclusión, la vinculación de los presupuestos de obra al modelo BIM mejora la toma de decisiones basada en información económica actualizada. Los responsables del proyecto pueden acceder a datos precisos sobre los costos de cada elemento y realizar análisis comparativos entre diferentes opciones de diseño, materiales o métodos constructivos. Esto les permite evaluar alternativas y seleccionar la opción más rentable desde el punto de vista económico, maximizando el valor del proyecto.

Parametrización y digitalización de procedimientos en la construcción

Requisito de entregable: Rutinas de programación que permitan la generación automatizada de planos y/o listas de objetos a partir del modelo BIM. (Existen muchas más aplicaciones, como cambios masivos de información, generar geometrías complejas, operaciones booleanas, gestionar el proyecto, etc.)

Uso de BIM asociado al requisito: Dada la naturaleza de los modelos BIM es posible desarrollar rutinas de programación que apliquen automatizaciones para extraer información precisa y actualizada del modelo, automatizar la repetición de tareas, o generar cambios masivos de la información de proyecto, etc.

Beneficio obtenido: Al incluir este requisito y utilizar rutinas de programación sobre el modelo BIM, se mejora la eficiencia para la extracción automatizada de planos y listas de objetos, se ahorra mucho tiempo y recursos, se obtiene una mayor precisión en la documentación generada, y una gran reducción en la duplicidad de tareas durante la fase de diseño.

Mediante el uso de rutinas, es posible establecer reglas y criterios para extraer de manera sistemática la información relevante del modelo y generar la documentación requerida. Esto elimina la necesidad de realizar estos procesos de forma manual, lo cual reduce considerablemente el tiempo invertido y permite a los profesionales centrarse en tareas de mayor valor agregado.

Por otra parte, se mejora la precisión de la documentación generada. Las reglas establecidas en las rutinas aseguran la correcta extracción de la información del modelo, evitando errores humanos y asegurando la consistencia y exactitud de los datos. Esto reduce la posibilidad de confusiones o interpretaciones erróneas en la fase de construcción, facilitando la ejecución de las tareas y minimizando los riesgos asociados a la falta de precisión en la documentación.

3.1.3. Explotación y mantenimiento.

Es posible utilizar los modelos BIM para gestionar y mantener la información y los activos del edificio durante su ciclo de vida. Permite a los propietarios y administradores de edificios acceder a información detallada sobre los componentes del edificio, realizar seguimiento del mantenimiento y las reparaciones, y planificar renovaciones y mejoras.

Paralelamente, también se utiliza para la gestión de instalaciones, tanto en edificios complejos como a nivel de ciudades. Permite, entre muchos otros, la visualización y seguimiento de activos y servicios en tiempo real, la gestión de contratos y proveedores, y la planificación de actividades de mantenimiento y operaciones.

Estandarización y nomenclaturas

Requisito de entregable: Los modelos BIM del proyecto deben incluir nomenclaturas estandarizadas y clasificación de todos los objetos en el modelo BIM. (Es muy habitual que estas prácticas las designe el promotor o el mantenedor.)

Uso de BIM asociado al requisito: Se usan softwares especializados en materia de BIM para definir nomenclaturas y clasificaciones estandarizadas sobre todos los elementos constructivos de manera individual.

Beneficio obtenido: La estandarización de la información en el modelo BIM permite una interoperabilidad efectiva con las bases de datos de GMAO. Al utilizar nomenclaturas estandarizadas y estructuradas, se establece un lenguaje común entre el modelo BIM y la base de datos de GMAO, lo que facilita la integración de la información y la transferencia de datos relevantes para la gestión de incidencias. Esto evita la pérdida de información, la duplicación de datos y los errores de interpretación, optimizando así los procesos de mantenimiento y explotación. Se pueden identificar rápidamente los elementos y sistemas afectados por una incidencia, así como su ubicación y relación con otros componentes. Esto agiliza el proceso de diagnóstico y resolución de problemas, permitiendo una respuesta más eficiente ante situaciones imprevistas y minimizando el tiempo de inactividad de las instalaciones.

Generación de manuales

Requisito de entregable: Entrega de los manuales de mantenimiento del edificio extrayendo la información de los activos a partir del modelo BIM.

Uso de BIM asociado al requisito: Se utilizan los softwares especializados en materia de BIM con el fin de extraer información relevante a modo de tablas con datos de los elementos, características técnicas y ubicación de los componentes, etc. Esta información puede en este caso ser utilizada para generar manuales de mantenimiento detallados y personalizados para cada instalación o sistema específico.

Beneficio obtenido: Mediante este requisito se evita la necesidad de recopilar manualmente la información de cada elemento y redactar los documentos de manera individual. Esto se traduce en un gran ahorro tiempo y recursos, agilizando la entrega de manuales completos y actualizados.

En el caso de incluir automatismos y rutinas de programación en la generación de manuales de mantenimiento a partir del modelo BIM, se asegura la integridad y

consistencia de la información. Al extraer los datos directamente del modelo, se reduce la posibilidad de errores humanos o de omisión de información relevante. Esto garantiza que los manuales sean precisos, confiables y completos, lo que a su vez mejora la calidad de la gestión del mantenimiento y la toma de decisiones en esta fase.

3.1.4. Medio Ambiente

La metodología BIM permite realizar análisis energéticos y de sostenibilidad en los edificios, y almacenar datos sobre las instalaciones de consumo de agua, identificando oportunidades de ahorro de energía, mejora de la eficiencia energética y reducción del impacto ambiental de los edificios.

Control de la huella de carbono de la construcción

Requisito de entregable: Información detallada mediante tablas extraídas directamente del modelo BIM, de los materiales y componentes utilizados en el proyecto, incluyendo sus propiedades medioambientales y huella de carbono.

Uso de BIM asociado al requisito: Mediante la implementación de la metodología BIM, es posible generar modelos virtuales que contengan información de las propiedades medioambientales de cada elemento, como la eficiencia energética, el contenido de materiales reciclados, la emisión de gases de efecto invernadero, entre otros.

Beneficio obtenido: La inclusión de este requisito y el uso de BIM permiten realizar análisis y evaluaciones medioambientales más precisas y detalladas. Por ejemplo, los modelos BIM con toda esta información pueden utilizarse en herramientas de simulación energética, para evaluar y comparar diferentes opciones de materiales y componentes según su impacto ambiental. Esto facilita la toma de decisiones informadas y la selección de soluciones más sostenibles desde el punto de vista medioambiental.

Además, al contar con información detallada sobre los materiales y componentes en el modelo BIM, es posible realizar un seguimiento más eficiente del ciclo de vida de los activos de construcción. Esto implica la posibilidad de identificar oportunidades de reciclaje, reutilización y gestión adecuada de residuos durante la fase de construcción y demolición. En la fase de operación y mantenimiento, se puede gestionar más eficientemente los recursos, como la planificación de mantenimientos preventivos según las características medioambientales de los materiales y componentes.

Construcción virtual de la captación solar

Requisito de entregable: Informe del análisis de la captación de energía solar y rendimiento energético del edificio e informe de la simulación constructiva de las instalaciones de captación solar mediante modelo BIM.

Uso de BIM asociado al requisito: Utilizando la metodología BIM, es posible incorporar información detallada sobre la ubicación geográfica, orientación, proyección de sombras y características solares del edificio en el modelo virtual. Cabe añadir la posibilidad de integrar datos de eficiencia energética de los sistemas y componentes del edificio, como aislamiento, ventanas, iluminación, sistemas HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado), etc.

Beneficio obtenido: Mediante el requisito y uso mencionados, aparece la oportunidad de realizar análisis precisos y exhaustivos del rendimiento energético y la captación de energía solar del edificio con el fin de evaluar el impacto de diferentes diseños, materiales y sistemas en la eficiencia energética y en el aprovechamiento de la energía solar.

Esto permite identificar estrategias de diseño y construcción que maximicen el uso de fuentes de energía renovable y reduzcan la demanda energética del edificio. Como resultado, se obtiene un beneficio directo para el medio ambiente al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la dependencia de fuentes de energía no renovables.

Además, el análisis del rendimiento energético y la captación de energía solar con BIM permite optimizar el diseño del edificio para distribuir espacios, orientación, sombreado y selección de materiales. Esto mejora la eficiencia energética global del edificio, reduciendo así su huella ambiental a lo largo de su vida útil.

Control y gestión del agua.

Requisito de entregable: Modelo As-Built del modelo BIM de instalaciones hidráulicas del edificio, así como las tablas de datos con los parámetros hídricos de las tuberías, válvulas, etc. Extraídas del modelo BIM.

Uso de BIM asociado al requisito: El uso que permite es el de incluir información detallada sobre el sistema de abastecimiento de agua, el diseño de fontanería, las instalaciones sanitarias y los sistemas de recolección y gestión de aguas pluviales en el

modelo virtual. Además, se pueden integrar datos sobre, por ejemplo, grifos de bajo flujo, inodoros de doble descarga y sistemas de riego inteligentes, entre otros.

Beneficio obtenido: Con este requisito se pueden realizar análisis exhaustivos de la eficiencia hídrica y la gestión del agua del edificio, evaluar el consumo de agua, identificar fugas o desperdicios al tener identificadas todas las válvulas de paso, y diseñar estrategias para reducir la demanda de agua potable y optimizar el uso de agua no potable o alternativas, como el agua de lluvia.

Esto permite, primero, implementar sistemas de recolección y reutilización de agua pluvial que encajen con la propuesta de diseño o con un edificio ya existente, y segundo, incorporar sistemas de tratamiento y reciclaje de aguas grises, que reducen la dependencia de recursos hídricos limitados y disminuyen la carga sobre los sistemas de abastecimiento de agua municipales.

Además, el análisis de la eficiencia hídrica y la gestión del agua mediante BIM también puede ayudar a optimizar el diseño del edificio en términos de sistemas de fontanería, disposición de dispositivos de ahorro de agua y planificación de áreas verdes con estrategias de riego eficiente. Esto contribuye a reducir el consumo total de agua del edificio y a promover prácticas sostenibles de gestión del agua.

3.1.5. Certificación de Obra

El gran objetivo, así como la gran dificultad de este punto, radica en la comparación de modelo virtual con obra real. Mediante la metodología BIM, se puede crear un modelo virtual tridimensional del proyecto de construcción antes de que la construcción física comience. Durante la ejecución de la obra, se pueden comparar los avances y los resultados reales con el modelo virtual para asegurarse de que se estén cumpliendo los planes y especificaciones del proyecto. Esta práctica permite identificar desviaciones y puntos críticos del cumplimiento de las normativas.

Construcción y cumplimiento virtual de normas y regulaciones

Requisito de entregable: Entrega del modelo BIM del proyecto ejecutivo del edificio, así como las tablas de verificación normativa para cada elemento definido en proyecto y susceptible de certificación.

Uso de BIM asociado al requisito: Se utilizan los modelos BIM para incluir en cada elemento constructivo los parámetros geométricos a cumplir según normativa. Esto

incluye requisitos específicos de seguridad, accesibilidad, eficiencia energética, materiales, entre otros. A través de la visualización y el análisis en el modelo BIM, es posible verificar y documentar el cumplimiento de estas normas y regulaciones.

Beneficio obtenido: Se obtienen diversos beneficios relacionados con la conformidad, la precisión y la calidad del proceso de certificación.

Primero, utilizar un modelo BIM para verificar el cumplimiento de normas y regulaciones garantiza una evaluación precisa y completa de los aspectos requeridos. Los datos y la información en el modelo BIM permiten una revisión exhaustiva de los requisitos específicos, asegurando que se cumplan en todas las etapas de la obra. Esto reduce el riesgo de disconformidades y garantiza que la obra esté en línea con las regulaciones establecidas.

En segundo lugar, la visualización y el análisis virtual del modelo BIM facilitan la identificación temprana de posibles incumplimientos. Los elementos del modelo BIM se pueden analizar en detalle, lo que permite detectar discrepancias o errores en relación con las normas y regulaciones. Esto posibilita tomar medidas correctivas oportunas para asegurar el cumplimiento antes de la finalización del diseño.

Además, la utilización del modelo BIM como evidencia de cumplimiento de normas y regulaciones proporciona una documentación sólida para la certificación de obra. Los informes generados a partir del modelo BIM respaldan la conformidad, demostrando de manera clara y precisa el cumplimiento de las normas y regulaciones establecidas. Esto facilita el proceso de certificación y brinda confianza a los organismos reguladores y a los usuarios finales.

Verificación normativa de la construcción

Requisito de entregable: Informe o documento de comparativa virtual entre realidad, escaneada mediante tecnología láser o nube de puntos, y modelo BIM As-Built de obra.

Uso de BIM asociado al requisito: La tecnología BIM permite comparar con precisión el modelo virtual y la obra real mediante tecnologías de escaneo láser, fotografías o incluso incorporando sensores en la obra. Esto permite detectar discrepancias, errores o desviaciones entre lo proyectado y lo construido.

Beneficio obtenido: Los beneficios están relacionados con la calidad, la precisión y la verificación del proceso de certificación.

En primer lugar, la comparación entre el modelo virtual y la obra real ayuda a identificar posibles errores de construcción o desviaciones respecto al diseño original, lo que se erige como herramienta de control para el ente certificador para cumplir con las regulaciones establecidas. Por tanto, se mejora la precisión en la certificación de obra garantizando así una evaluación más rigurosa y exacta de la conformidad de la obra con los requisitos de certificación.

Esta comparativa proporciona una evidencia objetiva y documentada de la calidad de la construcción y los informes generados a partir de estas comparaciones respaldan al ente certificador, demostrando la fidelidad de la construcción al diseño original y proporcionando una base sólida para futuras inspecciones o auditorías.

3.1.6. Permisos de construcción

La metodología BIM supone trabajar en un entorno colaborativo partiendo de la centralización de toda la información territorial y urbana en recursos corporativos. Esto, unido a la parametrización de todos los elementos arquitectónicos y urbanos, hace posible optimizar gran parte de los procedimientos administrativos relacionados con la edificación y la obra pública consiguiendo numerosos beneficios, como son el lograr la aplicación de unicidad del dato, la mejora de la eficacia y eficiencia de los procesos administrativos, la incrementación de la transparencia o el aumento en la calidad de los proyectos arquitectónicos.

Los procesos de supervisión de proyectos arquitectónicos para la obtención de licencias urbanísticas se han llevado a cabo tradicionalmente utilizando medios manuales, analizando la planimetría y documentación adicional del proyecto en formato papel. En los últimos tiempos, gracias a la implementación del expediente administrativo electrónico, la documentación de los proyectos, por parte de los interesados se realiza a través de un Registro Electrónico municipal. Por lo tanto, la documentación tiene formato digital, pero en 2D, obteniendo la información de fuentes independientes (memoria, planos, etc.). Sin embargo, la comprobación de la normativa urbanística y la legislación sectorial se sigue realizando a través de medios manuales.

El siguiente paso consistirá en recibir, como parte de la documentación, un modelo 3D en formato abierto utilizando la metodología BIM, que contenga toda la información necesaria para el chequeo de la normativa urbanística. Y que, este modelo 3D se pueda comprobar a través de una herramienta tecnológica digital que contenga los parámetros urbanísticos necesarios.

Utilizando la metodología BIM para la validación de parámetros urbanísticos, contamos con toda la información relevante del proyecto desde una única fuente, el modelo BIM del proyecto de edificación. Parametrizando la normativa que debe comprobarse para la concesión de la licencia se puede conseguir automatizar el proceso de validación.

Automatización de la tramitación de las licencias urbanísticas

Requisito de entregable: Modelo BIM del proyecto edificatorio con definición de los parámetros urbanísticos requeridos para la concesión de la licencia urbanística, con un nivel de información (LOI) y detalle (LOD) establecido previamente. Uso de nomenclaturas estandarizadas y clasificación de los objetos en el modelo BIM.

Uso de BIM asociado al requisito: Mediante la utilización de los elementos estandarizados en el modelo BIM y el uso de formatos abiertos se asegura la interoperabilidad entre el modelo BIM y los programas de validación de parámetros urbanísticos, permitiendo la automatización de los permisos de construcción.

Beneficio obtenido: se logra mayor transparencia en el proceso de validación de parámetros urbanísticos, la unicidad del dato, mayor eficiencia y eficacia en el proceso urbanístico.

3.2. Ámbitos de aplicación en urbes

3.2.1. Coordinación BIM/GIS

La coordinación de los ámbitos BIM y GIS, con objeto de integrar los proyectos BIM en el contexto geográfico en el que se desarrollan, es una necesidad ya ampliamente reconocida que genera sinergias y beneficios en ambos entornos.

Las bases digitales de geoinformación municipales deben ser el soporte tridimensional común para que los activos BIM sean realidades integradas en un entorno geográfico compartido.

A su vez, los proyectos BIM han de ser necesariamente, la forma natural en la que los ayuntamientos reciban las variaciones de la ciudad, tanto de la edificación como de las infraestructuras, convirtiéndose así en una fuente fundamental para la permanente actualización de dichas bases digitales de geoinformación.

La estrategia se basa en considerar la integración BIM/GIS como parte intrínseca de los proyectos BIM durante todo el ciclo de vida de los activos, desde la fase de desarrollo, que incluye la concepción, diseño y construcción, hasta la fase de operación (UNE-EN ISO 19650).

Para ello se ha de definir en los proyectos BIM al menos un objetivo específico de coordinación BIM/GIS.

Para alcanzar este objetivo es necesario implementar el uso BIM “Coordinación BIM/GIS con las bases digitales de geoinformación municipales”.

Con la implementación de este uso, la coordinación BIM/GIS adquiere entidad también como disciplina, con su correspondiente reflejo en los requisitos, en el plan de ejecución BIM, en los modelos BIM y en los entregables.

Esta coordinación debe enfocarse como algo estructural del proyecto BIM en todas sus fases, no únicamente como la generación de un entregable específico que facilite su superposición sobre el gemelo digital de la ciudad.

Tampoco debe plantearse como un problema geométrico que se resuelve trabajando en el mismo sistema de coordenadas, sino que también debe abarcar el nivel estructural de los datos para que dicha coordinación sea realmente efectiva.

Ya desde los estudios previos y el anteproyecto en fase de diseño, que deben apoyarse bien en la geoinformación municipal existente o bien en los levantamientos topográficos que se realicen del estado previo a la realización de la obra; si la información en ambos casos se ajusta al modelo de datos y estructura de dicha geoinformación, se facilitará la integración del activo en la misma.

También en la fase de diseño, la información BIM debe permitir la actualización de la geoinformación de la ciudad, de forma que se pueda analizar la incidencia que el modelo diseñado tiene en su entorno. De este modo se facilita la realización de validaciones tempranas y se obtiene la visión de la ciudad autorizada, como reflejo de la ciudad futura, siendo una herramienta para la realización de simulaciones y planificación.

Finalmente, en las fases de construcción (a la recepción de planos *as-built* de los activos) y de operación (en el mantenimiento, reforma y demolición), la información BIM debe posibilitar la actualización de las bases digitales de geoinformación, con objeto de disponer de una visión permanentemente actualizada de la ciudad existente.

Para ello es imprescindible que la coordinación BIM/GIS tenga un enfoque bidireccional entre ambos entornos.

A continuación, exponemos un breve listado de requisitos de un entregable, el uso de BIM que se realiza en base a ese requisito y el beneficio que se obtiene:

Coordinación BIM/GIS

Requisitos de entregable

1. Los proyectos BIM se realizarán a partir de la geoinformación municipal existente y cuando ésta no sea suficiente o se requiera un nivel mayor de detalle, se realizarán los levantamientos topográficos necesarios.
2. Los levantamientos topográficos que se ejecuten desde la fase de planificación hasta la de operación se harán en el sistema geodésico de referencia oficial (BOE 207, de 29 de agosto de 2007) y en su caso se apoyarán en las redes topográficas municipales. Los resultados de los levantamientos topográficos se codificarán conforme al modelo de datos y estructura de las bases digitales de geoinformación municipales.
3. Los modelos BIM incorporarán la información gráfica y no gráfica necesaria para facilitar la correlación con las bases digitales de geoinformación municipales en ambos sentidos, conforme al modelo de datos y estructura de éstas.
4. La correlación permitirá al menos una representación a nivel volumétrico de las envolventes de los modelos, lo que implica una selección de clases del modelo BIM. En relación con las envolventes, se tendrán en consideración las particularidades respectivas en casos de edificación, pasos elevados, túneles y otros proyectos de ingeniería civil como remodelado de aceras y viario o acondicionamiento de espacios públicos.
5. La correlación también permitirá, en su caso, una aproximación a nivel de primitivas gráficas lineales y poligonales, lo que implica una selección de partes o elementos de cada clase del modelo BIM.
6. Los modelos BIM incluirán la codificación de capas de la cartografía municipal para garantizar la correlación directa en ambos sentidos.

La correlación a nivel de envolventes y de primitivas gráficas se realizará sin perjuicio de que a nivel de proyectos se puedan establecer otras necesidades de exportación, visualización y consulta de los proyectos BIM en entorno GIS con un mayor nivel de detalle, conservando la estructura de clases y familias del modelo BIM.

Uso de BIM asociado al requisito: Coordinación BIM/GIS con las bases digitales de geoinformación municipales, en ambos sentidos y durante todo el ciclo de vida del activo, tanto a nivel de modelo 3D como de las primitivas geométricas en las que se basa, para garantizar la integración del activo BIM en el contexto geográfico en el que se construye.

Es importante este enfoque bidireccional ya que de este modo se garantiza la integración del proyecto desde su fase inicial, bien a partir de las bases digitales de geoinformación municipales existentes o bien de la información procedente de levantamientos topográficos; hasta la entrega de los planos as-built al final del proyecto.

Por otra parte, si bien en un futuro próximo, es probable que la información cartográfica vectorial evolucione hacia un modelo de datos de tipo volumétrico, la realidad actual del sector es que conviven modelos volumétricos con modelos basados en puntos, líneas y polígonos 2D, siendo aún generalizado el uso de este tipo de modelos. En consecuencia, los ayuntamientos deben cubrir la necesidad de ambos tipos de modelos y por ello se considera necesario que los modelos BIM faciliten la correlación a nivel de modelos 3D y también de primitivas geométricas.

Beneficios obtenidos: La coordinación BIM/GIS supone una mayor eficiencia, transparencia y fiabilidad de la gestión municipal ya que, por una parte, facilita el diseño y la gestión del activo en su entorno. Además, permite un ahorro de tiempos y costes en el mantenimiento actualizado de las bases digitales de geoinformación municipales. Finalmente garantiza la unicidad del dato y su reutilización.

3.2.2. Metodología BIM – Geoportal

Las bases topográficas oficiales y su integración en BIM

Los modelos de datos de los diferentes Conjuntos de Información Geográfica (CIG) que genera la Administración Pública tienen que garantizar su integración con la metodología BIM.

Para ello es necesario que en la definición de las especificaciones técnicas de las bases topográficas urbanas y territoriales se contemple la recogida de todos aquellos elementos que sirven para modelar correctamente el territorio en 3D. A partir de estas bases cartográficas/topográficas oficiales, que pueden ser de diferentes escalas en función de la administración que las genera, se elaborarán los modelos BIM del territorio que servirán para dar continuidad territorial a los proyectos BIM que se realicen sobre el territorio ya que permitirán disponer de una cartografía 3D del entorno de los proyectos.

De esta manera, se conseguirá que los modelos BIM del territorio sean un producto cartográfico más derivado de las bases topográficas/cartográficas oficiales. El hecho de vincular la elaboración de los modelos BIM del territorio a las bases oficiales garantiza su continuidad en el tiempo y su nivel de actualización. Además se transfiere al mundo BIM el rigor en la generación de las bases cartográficas oficiales.

Con el objetivo de que estos modelos BIM del territorio gocen de personalidad propia, como un nuevo Conjunto de Información Geográfica (CIG), se recomienda darlos de alta en los diferentes planes cartográficos, autonómicos o estatales.

Acceso a la información: Servicios de visualización y descarga

Las administraciones públicas deberán garantizar la visualización y descarga de estos modelos BIM del territorio para que los diferentes profesionales pueden integrarlos en sus proyectos de edificación e infraestructuras.

Se recomienda suministrar los Modelos BIM del territorio en un formato abierto e interoperable (IFC) para garantizar el acceso universal a dicha información. De esta manera el usuario podrá utilizarlo independientemente del programa con el que trabaje, sea comercial o abierto.

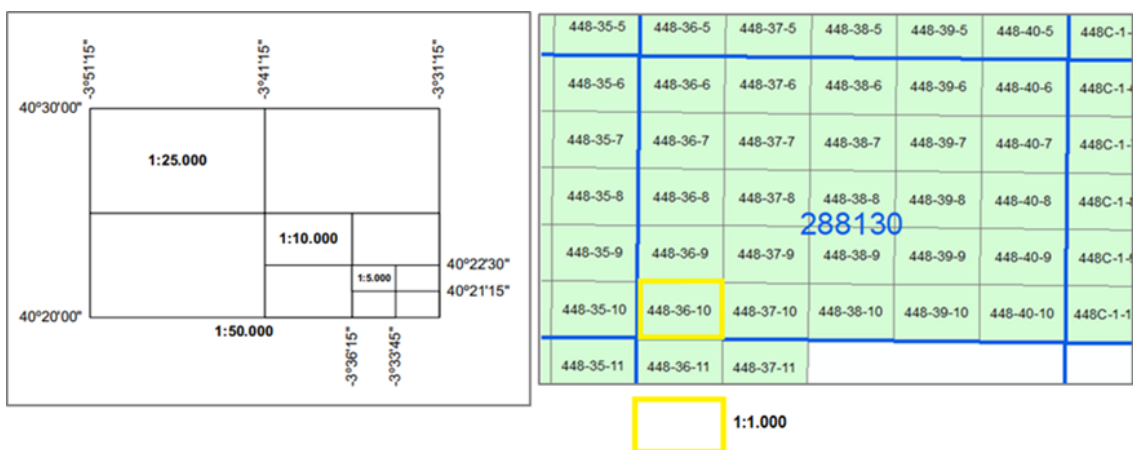
La visualización y descarga de los modelos BIM del territorio se puede vehicular a través de los portales geográficos (geoportals o Infraestructuras de Datos Espaciales -IDE-) que posean las diferentes Administraciones Públicas.

- Se deberá tener en cuenta la importancia de la visualización 3D. Actualmente no todos los visores cartográficos permiten la visualización de contenidos cartográficos 3D. Por ello se recomienda implementar, por lo menos, la opción de realizar una previsualización 3D de los modelos BIM del territorio como paso previo a la migración de los visores cartográficos de entornos 2D a 3D de forma indistinta.

- La unidad de distribución de los Modelos BIM es otro factor muy importante a tener en cuenta para que la descarga de este nuevo producto se realice de forma satisfactoria. Las Administraciones Públicas deberán elegir la mejor unidad de distribución de este producto teniendo en cuenta el peso y el tiempo de descarga de este nuevo producto:

Una opción es utilizar como unidad de descarga el corte de hojas que deriva del MTM50 así como su designación numérica oficial.

Otra opción sería elegir una unidad de delimitación territorial adecuada al ámbito del Modelo BIM a descargar, como por ejemplo límite municipal, límite de distrito, límite de barrio, etc.



En cualquier caso, siempre se tendrá que garantizar el equilibrio entre el peso de los archivos IFC que se suministran y la velocidad de descarga.

Otra opción para la visualización de los modelos BIM del territorio es la publicación de servicios web de visualización 3D basados (Geoservicios en estándares abiertos para la representación de datos espaciales como son los estándares OGC (Open Geospatial Consortium). De esta manera se garantiza la interoperabilidad de estos servicios con independencia del programa utilizado.

Beneficios obtenidos:

Monitorización: Geoanálítica web del Geoportal o IDE

Para hacer un correcto seguimiento del uso de los Modelos BIM del territorio por parte de los usuarios se recomienda que los Geoportales o IDE's incorporen un sistema de

recogida de métricas que permita hacer un seguimiento de las descargas y visualizaciones de este producto. A partir de estas métricas, almacenadas en una base de datos, se podrán elaborar cuadros de mando con estadísticas sobre el número de descargas, formatos descargados también se podrán elaborar mapas de calor para conocer aquellas zonas del territorio con mayor número de descargas.

En el caso de que en los geoportales o IDE's sea necesario que el usuario se registre previamente también se pueden incorporar otra serie de métricas para conocer el perfil profesional (privado, público o académico) o el ámbito profesional (cartografía/geomática, urbanismo, agricultura, educación, medio ambiente, etc).

Todas estas métricas permiten al administrador del Geoportal/IDE tener un gran conocimiento de la aceptación del producto y de los profesionales que lo incorporan en sus proyectos. Además de servir para la toma de decisiones.

Uso de BIM asociado al requisito

Las bases cartográficas oficiales son el entorno de referencia de los proyectos y obras a desarrollar, y de los activos a gestionar.

Son imprescindibles para trabajar con un entorno amplio y preciso, que nos permite contextualizar los proyectos, obras o activos a mantener, y a la vez garantizan la integración de los distintos modelos BIM, sea cual sea su uso, en el continuo de nuestro territorio.

Disponer de modelos BIM cartográficos nos permite integrar las bases cartográficas oficiales en cualquier flujo de trabajo BIM, desde el modelado a la revisión, al análisis solar o energético, entre otros.

3.3. Componentes y Servicios intrínsecos

El modelo BIM ofrece una amplia gama de componentes y servicios intrínsecos que van más allá de la mera representación gráfica de un proyecto. Facilita la comunicación, impulsa la colaboración, y a través del metaverso y los gemelos digitales, brinda una visión más completa y precisa de la realidad construida. Estos avances tecnológicos prometen transformar la forma en que diseñamos, construimos y gestionamos nuestras ciudades, impulsando un futuro más inteligente y sostenible.

3.3.1. Comunicación

Los modelos de información generados a partir de la metodología BIM pueden ser utilizados como fuente para generar documentación representativa en el ámbito de comunicación y de marketing con el fin de representar de manera visual los diseños del edificio, su funcionamiento, así como sus características.

La vertiente tridimensional de los modelos ofrece la opción de erigirse como una herramienta efectiva para crear archivos multimedia orientados a la comunicación y venta en la industria de la construcción, permitiendo representaciones visuales detalladas de proyectos, demostraciones de productos o servicios, y presentaciones en ferias comerciales. Estos activos visuales abarcan una gran batería de opciones a las empresas para promover sus capacidades, ganar clientes potenciales y generar interés en su oferta.

Hoy se utilizan estas infraestructuras digitales para crear representaciones o vistas detalladas de edificios y complejos inmobiliarios, lo que permite a los promotores mostrar de manera atractiva y realista los diseños de los edificios en sus etapas de planificación y construcción. Generar archivos audiovisuales de marketing a partir de los modelos BIM destaca las características clave del proyecto, como el diseño arquitectónico, los espacios interiores, las áreas comunes, las instalaciones y los servicios ofrecidos, lo que permite a los clientes tener una visión clara del proyecto antes de completarlo.

En los últimos avances de I+D, encontramos la aplicación de gafas de realidad aumentada en la presentación de proyectos. Los profesionales pueden utilizar estas tecnologías para mostrar modelos BIM en tiempo real durante reuniones, presentaciones a clientes o visitas de obra. Esto no solo facilita una comprensión más profunda de los diseños y detalles del proyecto, sino que también agiliza la toma de decisiones al permitir ajustes en tiempo real.

Por otra parte, en el hipotético caso de que una empresa se dedicara a la eficiencia energética para edificios, cabría la posibilidad de utilizar un modelo BIM para mostrar cómo sus productos se integran en el diseño del edificio y cómo funcionan en tiempo real para reducir el consumo de energía una vez instalados. Estos videos y fuentes de datos pueden ser útiles para educar sobre la propuesta de valor de los productos o servicios de la empresa. Se daría el mismo caso con una empresa especializada en la

seguridad contra incendios, pudiendo representar los planes de evacuación mediante simulaciones en base a los modelos

Estos planes de marketing incluyen el proceso de construcción de un edificio o estructura virtualmente. Estos activos audiovisuales permiten mostrar cómo se desarrolla el proyecto desde la etapa de diseño hasta la construcción, incluyendo la planificación de la parcela, la secuencia de construcción, la instalación de elementos estructurales y sistemas técnicos, y la finalización del proyecto para demostrar la capacidad de una empresa de construcción o diseño, e ilustrar cómo se realiza el proceso de construcción a los clientes que adquieren una construcción de obra nueva.

3.3.2. Metaverso

El metaverso es un entorno virtual tridimensional donde los modelos virtuales, incluidos los modelos BIM, pueden integrarse y explorarse de forma inmersiva. Ofrece una experiencia interactiva y colaborativa que permite a los usuarios visualizar e interactuar con los diseños arquitectónicos y urbanos de forma realista.

En el metaverso hay diferentes formas de interactuar con los modelos virtuales. Una de ellas es a través de dispositivos de realidad virtual (VR) o realidad aumentada (AR). Estos dispositivos permiten al usuario sumergirse en un entorno virtual o superponer elementos virtuales en el mundo real, respectivamente. Esto facilita la exploración detallada de los modelos, permitiendo al usuario caminar a través de ellos, cambiar perspectivas, interactuar con elementos, etc.

Para incluir modelos BIM en el metaverso, se requiere una conversión, a priori sencilla en la mayoría de los softwares, de los modelos BIM tradicionales en formatos compatibles con el entorno virtual. Esto se logra mediante la exportación de los datos del modelo BIM a formatos como OBJ (Wavefront 3D Object), FBX (Filmbox) o glTF (Graphics Library Transmission Format), que son ampliamente utilizados en aplicaciones de realidad virtual y metaversos.

Cuando los modelos BIM se integran en el metaverso, los usuarios pueden acceder a muchos datos relacionados con los diseños. Dichos datos ofrecen información detallada sobre los elementos constructivos, como dimensiones, materiales, propiedades físicas y, en caso de que dispongan de ellas, características técnicas. Además, los modelos ofrecen la posibilidad de contener datos de simulación, como análisis energéticos, análisis estructurales y análisis de flujo de personas, que podrían redactarse en un

documento aparte, aunque el presente documento tiene a bien dejar apunte a continuación.

La interacción en tiempo real con elementos en el metaverso permite realizar cambios y experimentar con los diseños de manera dinámica. Por ejemplo, los usuarios pueden ajustar parámetros de diseño, como el tamaño de los espacios, la distribución de mobiliario o la posición de elementos estructurales. Estos cambios se reflejan de inmediato en el modelo virtual, lo que permite a los usuarios evaluar el impacto de las modificaciones en tiempo real. Además, la interacción con elementos también puede incluir la simulación de elementos dinámicos, como la interacción con la iluminación y los sistemas de control ambiental. Los usuarios pueden cambiar la intensidad de la iluminación, modificar la temperatura ambiente o ajustar la configuración del HVAC para evaluar el impacto en el confort y la eficiencia energética del espacio.

3.3.3. Gemelo digital

Los gemelos digitales son réplicas virtuales precisas de objetos físicos, como edificios, infraestructuras o incluso ciudades completas. Estos gemelos digitales son creados a través de la integración de datos en tiempo real provenientes de dispositivos IoT (Internet de las cosas) distribuidos en la realidad física. Estos dispositivos IoT permiten interactuar con el entorno físico de manera inteligente y recopilar una gran cantidad de datos para alimentar los gemelos digitales.

Existen diversas formas de interactuar con los dispositivos IoT. Una de ellas es mediante sensores, dispositivos capaces de medir y capturar información específica del entorno. Por ejemplo, los sensores de clima pueden recopilar datos como temperatura, humedad, presión atmosférica y calidad del aire. Estos datos pueden ser utilizados para monitorear y controlar el clima en edificios, ajustando automáticamente los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) para mantener condiciones óptimas de confort y eficiencia energética. También permiten la interacción en remoto de las instalaciones de clima, lo que permite un amplio abanico de actuaciones en materia de reducción de consumo energético por errores humanos.

En cuanto a la interacción con luminarias, los dispositivos IoT pueden incluir sensores de iluminación que monitorean los niveles de luz ambiental. Estos sensores permiten ajustar la intensidad de las luminarias en tiempo real, optimizando el consumo de energía y proporcionando una iluminación adecuada según las necesidades del espacio y de los usuarios.

En lo que respecta al control de la gestión del agua, esta tipología de dispositivos ofrece la opción de incluir medidores de caudal, sensores de calidad del agua y sistemas de riego inteligentes. Estos dispositivos proporcionan una gestión eficiente de los recursos hídricos. Por ejemplo, los sistemas de riego inteligentes permiten ajustar automáticamente los ciclos de riego según las condiciones climáticas y la necesidad real de agua de las plantas, evitando el desperdicio.

La interacción en tiempo real con estos elementos se logra gracias a la conectividad de los dispositivos IoT. Los datos recopilados por los sensores se transmiten instantáneamente una vez captados, permitiendo monitorear y controlar los dispositivos de forma remota y en tiempo real. Esto facilita la toma de decisiones basada en datos precisos y actualizados, y también posibilita la implementación de algoritmos y sistemas de inteligencia artificial para optimizar la operación y el rendimiento de los sistemas controlados.

Los gemelos digitales integran la interacción en tiempo real con los elementos de un edificio con la visualización de un modelo BIM del mismo. Por tanto, los modelos tridimensionales nos sirven como base visual sobre la cual desplegar los algoritmos y sistemas de inteligencia artificial y a su vez, verificar su correcto funcionamiento.

3.3.4. Smart Cities

La metodología BIM también puede desempeñar un papel importante en el contexto de las ciudades inteligentes o "Smart cities". Una ciudad inteligente utiliza la tecnología y la información para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, optimizar los recursos y servicios urbanos, y promover la sostenibilidad. Siendo los modelos de información de la metodología BIM grandes bases de datos relacionales, encontramos en la digitalización de la construcción el marco ideal sobre el cual establecer sinergias con las ciudades inteligentes.

Planificación urbana

La planificación urbana en el contexto de una Smart City implica la integración de datos geoespaciales en modelos BIM, tanto en proyectos públicos como privados. Esto converge en la creación virtual de la infraestructura de la ciudad geolocalizada, ya que la metodología BIM facilita la incorporación de datos geoespaciales en la estructura de los modelos BIM, coordinando con imágenes satelitales y datos topográficos. Este enfoque posibilita la generación de un modelo virtual tridimensional de la ciudad.

La maqueta virtual de la ciudad geolocalizada ofrece la posibilidad de realizar análisis exhaustivos de la infraestructura urbana mediante la visualización tridimensional. Esto simplifica la planificación y desarrollo de una Smart City, identificando áreas de mejora y oportunidades para la implementación de tecnologías inteligentes. Los resultados incluyen soluciones innovadoras para la optimización de la movilidad urbana, monitoreo en tiempo real de la infraestructura, gestión eficiente de la energía y sistemas avanzados de seguridad y vigilancia, mejorando así la calidad de vida de los ciudadanos y promoviendo la sostenibilidad.

Monitorización urbana

En términos de monitorización urbana, la integración de datos provenientes de sensores y dispositivos IoT en modelos BIM es esencial. Esta integración abarca sensores de calidad del aire, tráfico, medidores inteligentes de energía y agua, entre otros. El resultado es la posibilidad de realizar análisis y evaluaciones de esta información para una gestión más inteligente de los servicios urbanos. La visualización y análisis de datos integrados permiten identificar patrones, tendencias y áreas de mejora, contribuyendo a la toma de decisiones basada en datos en tiempo real y optimizando la eficiencia de los servicios urbanos.

Democratización a la ciudadanía

Respecto a la democratización con la ciudadanía, se establece como requisito utilizar formato abierto de modelos BIM, como el IFC, junto con plataformas interactivas basadas en la web para acceso público. Este enfoque promueve la interoperabilidad y el acceso público a los modelos BIM, generando nuevas sinergias con la ciudadanía. Además, la disponibilidad pública de modelos BIM fomenta la transparencia, la participación ciudadana y la investigación científica en el ámbito de la construcción sostenible. El acceso a datos precisos y detallados por parte de la ciudadanía promueve acciones de análisis y propuestas de soluciones innovadoras para mejorar la eficiencia energética, la gestión de residuos y otros aspectos relacionados con el medio ambiente.

4. ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM

La implementación de la metodología BIM en una corporación, no se limita a un enfoque técnico; implica un cambio de paradigma a gran escala en la gestión, la planificación y la ejecución de proyectos de construcción. En este contexto, la implementación de BIM en una administración requiere de una **cuidadosa e implicada gobernanza**, una **arquitectura** sólida sobre la cual cimentar unas buenas bases y una **hoja de ruta** precisa y flexible en función de las necesidades que puedan surgir. Estos pilares estratégicos se entrelazan para fomentar una adopción efectiva y eficiente de esta metodología, optimizando la colaboración y la toma de decisiones a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

4.1. Gobernanza

La gobernanza en un proyecto de BIM se refiere a la estructura de liderazgo, las políticas, y los procesos y procedimientos que han de implementarse a fin de gestionar eficazmente la implementación y uso de la metodología BIM en un proyecto de construcción o mantenimiento de infraestructura existentes. Una gobernanza sólida es esencial para asegurar el éxito del proyecto BIM en cualquiera de sus ámbitos y/o naturalezas y garantiza que se cumplan los objetivos establecidos. Por tanto, el primer paso para establecer una estrategia de implementación de la metodología BIM que resulte exitosa es determinar los aspectos de la gobernanza tales como el liderazgo y la estructura organizativa, políticas y estándares, procesos y procedimientos, la colaboración, la gestión del ciclo de vida y la evaluación y mejora continua entre otros.

4.1.1. Liderazgo

Establecer el liderazgo e incorporarlo a la estructura organizativa de la empresa se supone parte fundamental sobre la cual cimentar las bases del proyecto. Es importante establecer un organigrama claro que defina roles y responsabilidades de los diferentes miembros encargados de liderar el proyecto BIM. Esto incluye, designar un líder, o tándem, con autoridad y conocimiento para tomar decisiones relacionadas con la metodología BIM, y establecer un equipo con representantes de las disciplinas y departamentos involucrados en el proyecto, arquitectos, ingenieros, contratistas, mantenedores, juristas y un largo etcétera.

Dentro de este capítulo de liderazgo, una “figura” o “formación” estándar que podría desempeñar las funciones mencionadas sería, por ejemplo, un comité de dirección de proyecto (CDP), que sería el responsable de establecer la estrategia general del proyecto y garantizar que se cumplan los objetivos del mismo. El CDP debería incluir a los principales líderes que tengan la capacidad de tomar decisiones sobre el proyecto, incluyendo, si así es oportuno y dependiendo del tamaño de la administración o empresa, a representantes de los propietarios, contratistas, diseñadores y otros miembros del equipo. Hay otras vías como la implantación de un grupo de trabajo (GT) que actúe en un frente común, y cuyo objetivo sea la coordinación interdepartamental para gestionar un proyecto en BIM o la implementación de esta metodología en una corporación.

Independientemente de si se opta por un CDP o un GT, una figura que se estima indispensable y que permitirá el éxito de la adopción de esta metodología independientemente del ámbito es la figura del BIM Manager. A continuación, se exponen las que deberían ser sus funciones para garantizar el éxito en el uso de esta metodología.

BIM Manager (BM)

Tanto en una institución pública como en una privada, la figura del BIM Manager desempeña un papel clave en la implementación y gestión efectiva del Modelado de Información de Construcción (BIM) en los proyectos de construcción. A continuación, se describen las responsabilidades y funciones típicas de un BIM Manager en una institución pública:

1. Planificación estratégica: El BIM Manager participa en la planificación estratégica de la adopción de BIM en una empresa o institución. Esto implica establecer objetivos claros y concisos, definir políticas y procedimientos relacionados con BIM, y desarrollar planes de implementación a corto, medio y largo plazo. En esta planificación estratégica es necesario redactar los usos BIM que la empresa necesitará, para comunicarlos a los agentes implicados. Del mismo modo, es necesario definir roles y responsabilidades que los equipos de trabajo relacionados con el proyecto vayan a desarrollar.

2. Desarrollo de estándares y guías: El BM es responsable de desarrollar y mantener los estándares y guías BIM o EIR, Exchange Information requirements según

la ISO 19650. Esto implica establecer pautas para la creación y gestión de modelos BIM, definir las mejores prácticas de intercambio de información y promover la consistencia en el uso de BIM en todos los proyectos. La dificultad en este punto radica en ofrecer modelos de gestión en formato abierto, puesto que ofrecerlos en formato propietario supone limitar la comunidad de desarrollo y, es más, la administración pública no permite licitar bajo requisitos que supongan una discriminación a los participantes como, por ejemplo, elegir un formato propietario.

3. Capacitación y formación: Esta figura coordina y proporciona capacitación y formación en BIM a los miembros del equipo de proyecto y otros profesionales involucrados. Si bien es cierto que para redactar un proyecto en BIM se requiere cierta base en los equipos de desarrollo, es posible encontrarse proyectos que requieran algún desarrollo particular, como pudiera darse en un estadio, y por tanto sería necesario realizar sesiones de formación. Esto incluye la organización de talleres, cursos y sesiones de capacitación para garantizar que el personal esté adecuadamente capacitado en las herramientas y procesos de BIM.

4. Coordinación y apoyo técnico: El BIM Manager actúa como punto focal para la coordinación y el apoyo técnico relacionados con BIM. Trabaja en estrecha colaboración con los equipos de proyecto para garantizar la correcta implementación de los estándares y la resolución de problemas técnicos relacionados con el modelado y la gestión de la información. El apoyo técnico podría parecer nimio, pero en un entorno creciente de esta metodología, suele ser clave para el éxito del proyecto, sobre todo cuando se trabaja con empresas que empiezan la aventura de BIM, o aún no han trabajado con los estándares de una administración en un contrato.

5. Gestión de la información: Importante destacar que esta figura es responsable de la gestión de la información en el entorno BIM, no sólo de los proyectos. Esto incluye establecer los requisitos para la estructura de los modelos BIM, asegurar la calidad y coherencia de los datos, y desarrollar y mantener los protocolos de intercambio de información. Los modelos BIM son, primero de todo, modelos de información y, por tanto, es imperativo disponer de alguien que gestione este entorno de datos común para todos los proyectistas.

6. Evaluación y mejora continua: Como en todos los proyectos, es importante realizar monitoreo y evaluaciones regulares del uso de BIM en los proyectos de la institución. El punto es consecuencia del punto 5, ya que el BM es el gestor idóneo de una base de datos para identificar áreas de mejora, implementar cambios y promover la innovación en el uso de BIM para optimizar procesos y resultados.

7. Colaboración interna y externa: Es más habitual encontrar esta colaboración dual, interna y externa en administraciones públicas, en las que es necesario fomentar, sobre todo en etapas tempranas de la adopción de esta metodología, la colaboración interna entre los diferentes departamentos y equipos de la institución. Además, esta figura del BM establece relaciones de colaboración con otras instituciones y organismos externos para intercambiar conocimientos y mejores prácticas relacionadas con BIM.

Se podría concluir que, si se pretende llevar a cabo con éxito un proyecto mediante metodología BIM o bien implantar metodología BIM en una administración o empresa, es imprescindible contar con un BIM Manager que sea experto en la materia ya que su función abarca desde la planificación estratégica y el desarrollo de estándares hasta la capacitación, la coordinación técnica y la gestión de la información. Su objetivo principal ha de ser garantizar la adopción efectiva de BIM para mejorar la eficiencia, la calidad y los resultados en los proyectos de una corporación.

4.1.2. Políticas y estándares

Es esencial establecer políticas y estándares claros para usar BIM en un proyecto en particular, y que permitan generar trazabilidad en todos los proyectos de un despacho, administración o empresa. Esto incluye definir los niveles de desarrollo del modelo, los protocolos de intercambio de información, las prácticas en la nomenclatura y clasificación, y otros estándares relevantes. Estas políticas y estándares aseguran la consistencia y calidad de los modelos BIM utilizados en el proyecto.

Como se mencionó anteriormente, la ISO 19650 y la PAS 1192 proporcionan pautas valiosas en la generación de políticas y estándares que sean de calidad. Asegurar el cumplimiento de estas normas es vital para garantizar la calidad y la interoperabilidad de los modelos BIM.

Sin embargo, la mera existencia de políticas y estándares no garantiza su efectiva implementación. Es crucial que los usuarios de BIM sigan las consignas descritas por estas políticas y estándares. Esto requiere un compromiso activo por parte de todos los miembros del equipo y una comprensión clara de por qué estas directrices son importantes.

La implementación exitosa de políticas y estándares de BIM implica varios aspectos clave como, por ejemplo, el acompañamiento y la formación. Tal como se desarrolla en puntos posteriores, es fundamental proporcionar a los usuarios la formación necesaria para

comprender y aplicar las políticas y estándares de BIM. Esto incluye la capacitación en el uso de software BIM, así como la educación sobre las prácticas y normativas específicas de la organización.

La supervisión activa del cumplimiento de las políticas y estándares, sobre todo en etapas tempranas, cobra importancia mayúscula. Esto implica un seguimiento constante, no para controlar y penalizar, sino para identificar posibles desviaciones o problemas. La retroalimentación constructiva juega un papel importante en este proceso, ya que puede ayudar a los usuarios a mejorar su adhesión a estas directrices.

La implementación de políticas y estándares de BIM debe ser gradual y permitir la adaptación de los usuarios a medida que avanzan en su comprensión y habilidades en BIM. Esto implica una implementación iterativa que permite corregir problemas a medida que surgen y mejorar continuamente las directrices. Además, el liderazgo y el compromiso son elementos esenciales. Los líderes de la organización desempeñan un papel crucial al modelar el comportamiento deseado y demostrar su compromiso con las políticas y estándares de BIM. Su liderazgo influye en la actitud y la motivación de los demás, lo que puede tener un impacto significativo en la adhesión a las directrices.

4.1.3. Procesos y procedimientos

Los procesos y procedimientos son parte importante en la burocracia de cualquier empresa o administración, y estos cobran mayor importancia cuanto más volumen de trabajo o más competencias tienen dichas empresas o administraciones. A día de hoy cualquier empresa ya dispone de sus procesos y procedimientos definidos en mayor o menor grado. Por tanto, la dificultad radica en establecer de nuevo procesos ya asentados en los usuarios.

A fin de generar nuevos procesos y procedimientos o adaptar los ya existentes, se ha de realizar una revisión y análisis de los procesos actuales con el fin de diseñar e implementar nuevos mientras, a su vez, se capacita y sensibiliza a los usuarios de estos cambios pues pueden implicar cambios profundos en su día a día.

El proceso inicial de cambio comienza con una revisión detallada y un análisis crítico de los procesos y procedimientos existentes en la corporación. Esto implica identificar las áreas donde se presentan ineficiencias, duplicidades o brechas en la transferencia de información, lo que podría obstaculizar la adopción de manera adecuada de la metodología BIM. Se requiere partir de una meticulosa evaluación de las prácticas vigentes y esto, permitirá determinar la mejor manera de integrar BIM en cada etapa

del ciclo de vida el proyecto, maximizando así el potencial de esta metodología en la mejora de la productividad y calidad del producto final.

Forma parte de las tareas de la gobernanza encaminar los nuevos procesos y procedimientos con los principios fundamentales de esta metodología. Esto incluye la creación de flujos de trabajo colaborativos, multidisciplinares y basados en modelos 3D, donde se fomente la compartición de información en tiempo real. Se deben establecer mecanismos para la gestión de cambios y revisiones puesto que ya no se trabaja con versiones de proyecto sino con una virtualización de la construcción que avanza tal y como lo haría una construcción física. Por tanto, se ha de promover la trazabilidad y la actualización de datos en todo momento.

Asimismo, en la implementación de procesos, se deben establecer pautas para seguir los estándares de modelado, nomenclatura y clasificación de elementos BIM que se determinen, así como controles de calidad de éstos, con el fin de garantizar la coherencia y la interoperabilidad entre los diferentes equipos y fases del proyecto. La incorporación de directrices para la gestión de datos y la asignación de responsabilidades dentro de los nuevos procedimientos y en relación con la administración de la información BIM se erigirán cada vez más esenciales para mantener la integridad y calidad de los datos generados.

Cabe puntualizar que, en el momento en que se generan nuevos procesos es imperativo que la gobernanza se asegure, tal como ya se ha comentado anteriormente, de una adecuada capacitación y sensibilización de todos los miembros involucrados en el proceso de implementación BIM. Esto incluye desde la dirección hasta los técnicos y especialistas, quienes deben comprender plenamente los cambios que conlleva BIM en sus roles y responsabilidades.

4.1.4. Capacitación y soporte técnico

El factor humano es sinónimo de éxito o fracaso dependiendo de cómo haya sido gestionado en el desarrollo de un proyecto. En el marco de la gobernanza, se erige como indispensable y crucial la capacitación y soporte técnico para una transición tanto exitosa como progresiva hacia una corporación BIM. La integración de esta metodología implica una curva de aprendizaje significativa para el personal, que requiere de formación técnica exhaustiva en determinados perfiles y una asistencia mínimamente puntual para toda la plantilla durante el proceso de adopción.

Es aconsejable iniciar este apartado con un diseño del programa de capacitación ya que, la gobernanza, debe concebir uno a medida, que se adapte a las necesidades y roles específicos de los distintos miembros del equipo corporativo. Esta programación debe abarcar desde los conceptos fundamentales de BIM hasta la formación avanzada en el uso de herramientas y softwares BIM.

Es indispensable definir planes de capacitación personalizados para arquitectos, ingenieros, técnicos y otros profesionales implicados con el fin de desarrollar habilidades técnicas en modelado, gestión de datos y colaboración multidisciplinaria. Además, esta formación debe incluir aspectos emocionales relativos a la gestión del cambio y fomentar una mentalidad proactiva hacia la innovación y la adopción de nuevas tecnologías.

Mediante la coordinación de talleres prácticos y sesiones de aprendizaje en el lugar de trabajo, y con un ejercicio o proyecto concreto, los usuarios pueden aplicar directamente los conceptos aprendidos en proyectos piloto. Estas sesiones facilitarán una experiencia práctica y en estos casos, es recomendable realizar una transición paulatina, aplicando nuevos conceptos BIM a cada proyecto de manera iterativa hasta construir una sólida confianza en el uso de estas herramientas. Además, es recomendable dar acceso a tutoriales y recursos en línea que complementen la formación en el aula o lugar de trabajo, permitiendo a los usuarios aprender asincrónicamente y a su ritmo para reforzar un aprendizaje autodidacta.

Por último, es interesante contar con la provisión de soporte técnico, ya sea puntual o continuo en las primeras etapas o incluso a largo plazo. Este soporte, que ha de proporcionarse desde la gobernanza, ha de ir dirigido hacia el personal durante la transición hacia BIM. Es importante que se designen expertos técnicos y especialistas en BIM que puedan actuar como recursos de apoyo para resolver dudas o dificultades que puedan surgir y que seguro surgirán en el proceso de adopción. Este soporte técnico debe extenderse más allá de la fase inicial de capacitación, acompañando al personal día a día mientras se enfrentan a desafíos reales en la implementación de BIM en proyectos concretos.

Para concluir es preciso puntualizar que, el fomentar un espacio de retroalimentación y discusión en el cual se compartan tanto experiencias como buenas prácticas permite asentar tanto los conocimientos como los grupos de trabajo BIM. Este soporte puede erigirse como una oficina externa sobre la cual volcar todas las dudas o mediante la incorporación de una figura conocida como *BIM facilitator*, que entre otras

responsabilidades y tal y como su nombre indica, facilita al resto de usuarios el uso de esta metodología en sus puestos de trabajo.

4.1.5. Colaboración y coordinación

La metodología BIM promueve la colaboración y coordinación efectiva entre los equipos multidisciplinares involucrados en un proyecto de construcción. BIM ofrece la posibilidad de realizar la IPD, Integrated Project Delivery, lo que conlleva una colaboración temprana entre arquitectos, ingenieros, contratistas y promotores desde las etapas iniciales del proyecto. Un aspecto clave en esta colaboración es el uso de los modelos BIM compartidos como base para la coordinación de las acciones y la detección de errores en el diseño.

Cuando hablamos de colaboración y coordinación en BIM, surge prácticamente como consecuencia el concepto de IPD ya descrito anteriormente en este documento. Ofrecer este enfoque colaborativo desde la gobernanza es altamente recomendable siempre y cuando se identifiquen y definan roles y responsabilidades claras para cada disciplina involucrada. Esto implica establecer acuerdos formales que promuevan la transparencia y la comunicación efectiva entre los equipos. La colaboración estrecha y la toma de decisiones compartida asegura la alineación con los objetivos de todos los miembros del equipo y con el enfoque general del proyecto.

Con una colaboración temprana se garantiza que las partes implicadas trabajen juntas del inicio del proyecto, lo que provoca que la toma de decisiones se informe y permite una identificación adelantada de posibles desafíos que vendrán después. Desde la gobernanza se debe fomentar la formación de los equipos no sólo en conceptos y teoría de BIM, sino también formación en equipos interdisciplinares que trabajen en conjunto para identificar soluciones holísticas y abordar aspectos técnicos, constructivos y de diseño de manera integrada.

4.1.6. Evaluación y mejora continua

La naturaleza iterativa de BIM exige un enfoque sistemático y estructurado para evaluar su adopción y desempeño, así como para identificar oportunidades de mejora con el fin de optimizar los procesos y resultados.

La gobernanza debe dirigir la definición y seguimiento de indicadores de desempeño BIM, que abarcan aspectos clave como la eficiencia en la gestión de información, la precisión de los modelos 3D y la reducción de errores en el diseño y la construcción.

Estos indicadores actúan como puntos de referencia cuantificables que permiten evaluar el impacto real de BIM en la calidad y la eficacia de los proyectos.

La evaluación de resultados BIM se facilita desde la gobernanza, mediante la evaluación regular de los resultados obtenidos mediante la metodología BIM. Esto implica el análisis meticuloso de datos recopilados durante todo el ciclo de vida del proyecto, desde la planificación hasta la operación. Se deben examinar aspectos como la colaboración multidisciplinaria, la coordinación de equipos y la coherencia de los datos a lo largo del proceso.

Dicha evaluación debe ser multidimensional, abordando tanto aspectos cuantitativos como cualitativos para proporcionar una visión integral de la efectividad de la implementación de BIM.

Otro factor importante es la identificación de brechas y áreas de mejora. En este punto la gobernanza debe estar atenta a la identificación de brechas entre los indicadores de desempeño establecidos y los resultados reales alcanzados. Esto implica analizar los datos evaluados para determinar posibles desviaciones y áreas que requieren mejoras. Es posible emplear métodos analíticos avanzados para detectar patrones y tendencias (DataMining) que podrían indicar ineficiencias o problemas latentes. Esta identificación de brechas proporciona información valiosa para dirigir estrategias de mejora.

Por último, la gobernanza debe liderar la implementación de acciones de mejora basadas en los hallazgos de la evaluación. Esto podría implicar la revisión y ajuste de procesos, la optimización de flujos de trabajo, la expansión de la capacitación y el uso de herramientas más avanzadas de análisis y simulación.

La implementación de mejoras debe ser guiada por un enfoque estructurado y basado en datos, con el objetivo de corregir deficiencias identificadas y maximizar los beneficios derivados de la metodología BIM.

4.2. Diseño de la arquitectura

En el contexto de este documento, la importancia de diseñar una arquitectura de sistemas de información adaptable a los cambios no puede ni debe subestimarse. En un mundo cada vez más impulsado por la información, las organizaciones, tanto públicas como privadas, dependen en gran medida de sus sistemas de información para tomar decisiones de carácter crítico y mantener tanto su ventaja competitiva como la eficacia de sus servicios. Por tanto, como en cualquier arquitectura de sistema encontramos dos

componentes destacados a definir meticulosamente: la base de datos y las herramientas de acceso que permiten consultar, visualizar y modificar datos de manera eficiente y efectiva.

En primer lugar y como concepto general, la **base de datos** se erige como el pilar fundamental de cualquier sistema de información. Su diseño debe ser cuidadosamente considerado, ya que la elección de una estructura de datos inadecuada o una modelización incoherente puede tener repercusiones significativas a largo plazo. Una base de datos coherente debe seguir las mejores prácticas de normalización y estar optimizada para el tipo de datos que ésta deba manejar. Además, debe ser escalable para afrontar el crecimiento de la información y estar respaldada por estrategias sólidas de copia de seguridad, así como disponer de *Disaster Recovery*.

Por otro lado, las **herramientas de acceso** a la base de datos son igualmente esenciales. Estas herramientas pueden variar desde sistemas de gestión de bases de datos (DBMS) hasta aplicaciones personalizadas de front-end. La elección y diseño de estas herramientas deben tener en cuenta la capacidad de consulta, la visualización y la modificación de datos de manera segura. Los aspectos de seguridad y privacidad son cruciales, especialmente en entornos donde los datos sensibles están en juego.

La adaptabilidad a los cambios es un factor clave en el diseño de esta arquitectura. En un mundo en constante evolución, las necesidades y requisitos de información pueden cambiar rápidamente. Por lo tanto, la arquitectura debe ser lo suficientemente flexible como para incorporar nuevos flujos de datos, cambios en la estructura de la base de datos o incluso la adopción de nuevas tecnologías. Esto implica la implementación de patrones de diseño ágiles, así como de la adopción de estándares abiertos que faciliten la interoperabilidad y la integración con futuros sistemas. Además, una arquitectura de sistemas de información debe ser capaz de soportar la escalabilidad horizontal y vertical, permitiendo así el crecimiento orgánico y la expansión de la infraestructura de TI a medida que la organización crezca.

4.2.1. Estándares

Es más que probable que administraciones o empresas interesadas en metodología BIM ya cuenten, en mayor o menor medida, con una arquitectura de datos. Por tanto, este documento pretende establecer la **interoperabilidad como elemento de estudio a estandarizar**, puesto que se entiende que los modelos de información realizados mediante metodología BIM habrán de comunicarse o integrarse en los sistemas ya existentes.

La promoción de una norma estándar que fomente la máxima interoperabilidad entre sistemas es una iniciativa ampliamente respaldada por instituciones y líderes en la esfera de la transformación digital, en particular, en el ámbito de Ciudades y Territorios Inteligentes. Esta búsqueda de estandarización surge de la comprensión de que la interoperabilidad es una herramienta excepcionalmente poderosa en la era de la digitalización.

La interoperabilidad permite la integración de numerosas herramientas externas al adoptar un lenguaje común compartido entre ellas. Esto, a su vez, amplía considerablemente las capacidades de cualquier sistema, más si cabe cuando hablamos de metodología BIM. Además, la gestión y almacenamiento de datos según estándares comunes desempeña un papel esencial, ya que facilita la utilización de estos datos por una amplia variedad de actores, lo que maximiza los resultados obtenidos de cualquier análisis general.

En este contexto, y pese a que no es objeto de este documento publicitar estándares sobre la interoperabilidad, la cohesión y la mantenibilidad en sistemas de gran envergadura, y dada nuestra latitud, es interesante destacar que la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), nos propone un documento a considerar: la UNE 178104 sobre interoperabilidad de Plataformas de Ciudades Inteligentes.

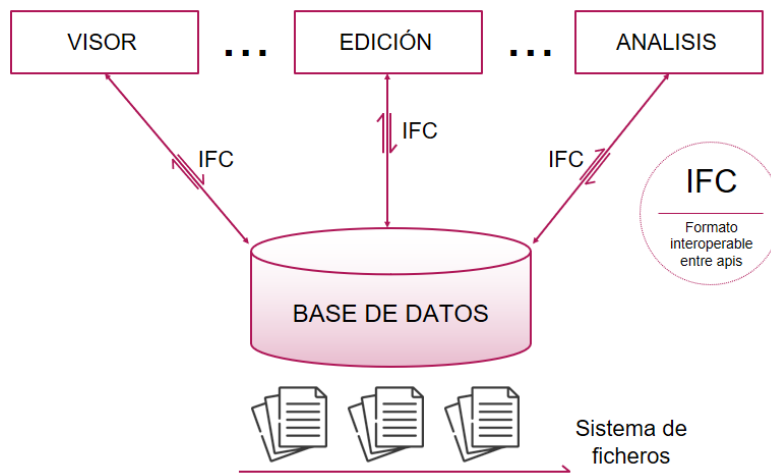
Es importante recalcar que este tipo de documentos nos permiten la creación y puesta en marcha de plataformas que siguen estándares abiertos, lo cual tiene un impacto fundamental a corto plazo: la capacidad de interactuar con otras plataformas externas mediante la interoperabilidad. Aquí es donde reside el verdadero objeto de interés cuando hablamos de estándares en el presente documento.

4.2.2. Modelo de datos

Cuando hablamos de metodología BIM, es más que posible que crear modelos de información basados en la metodología BIM sea añadir una capa de conocimiento más a las muchas que existen a día de hoy y, por tanto, el foco del estándar ha de ubicarse en cómo las bases de datos realizadas mediante la metodología BIM se comunican con el resto, o si, por otro lado, se sitúan como el centro de la base de datos a realizar dada la ontología de su formato abierto.

En primer lugar, se podría comenzar explicando la **filosofía** con la que llevar a buen término la implementación de la metodología BIM en una corporación. Podríamos

identificar a grandes rasgos un esquema de modelo de datos muy simplificado como el que tenemos a continuación, en el que se identifique, sin entrar al detalle técnico, el objetivo que se pretende.



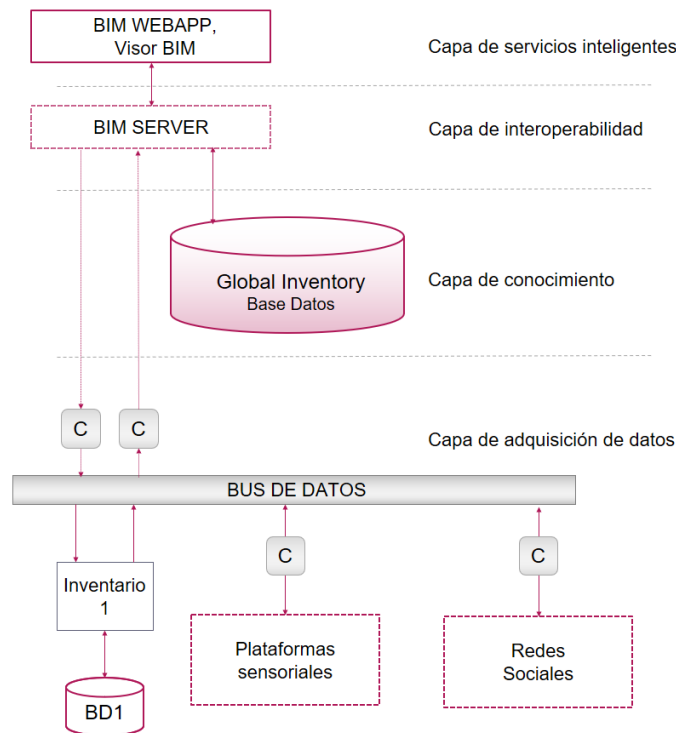
Este “esquema de concepto” nos muestra la filosofía a seguir en una estrategia de implementación de esta metodología. El primer rasgo importante es definir el formato interoperable entre apis, y el que se propone en este documento no es otro que el formato abierto IFC del que ya hemos hablado anteriormente. La razón principal para escoger este formato es porque en la práctica, los datos de modelos en **formato IFC** tienen la capacidad de almacenarse en varios tipos de sistemas de gestión de bases de datos, incluyendo bases de datos relacionales, bases de datos orientadas a documentos o incluso bases de **datos orientadas a grafos**, dependiendo de los requisitos, las necesidades y las preferencias del proyecto y de los profesionales involucrados.

El siguiente punto a tener en cuenta es la propia estructura del esquema, necesitamos una base de datos, sin entrar aún en la discusión sobre su naturaleza, en la que disponer todos nuestros modelos de IFC. Por tanto y hasta este punto, la base de datos ha de poder incorporar estos modelos y/o sus datos asociados.

A su vez, dentro de este concepto general de arquitectura de datos, requerimos que las *apis* de que nos permitan consultar, visualizar y modificar dialoguen con la base de datos en formato IFC. A destacar que, tal como se muestra el esquema, se identifican los términos visor, edición y análisis. Estos factores se deben a que nos encontramos ante un formato específico y, por tanto, necesitamos una herramienta que nos permita primero, visualizar los elementos de construcción de un modelo BIM en formato IFC. Segundo, hemos de poder editar este modelo IFC introduciendo variaciones en función de las actualizaciones que sufran las infraestructuras reales que estos modelos

representan. Por último, hemos de poder realizar análisis exhaustivos sobre los modelos a fin de poder tomar decisiones en función de los datos que estos modelos almacenan.

Ahora que ya hemos definido la filosofía con la que llevar a cabo una base de datos en la que incorporar modelos BIM en su formato abierto IFC, pasemos a visualizar un ejemplo de base de datos con enfoque más práctico.



Este esquema pretende dar una arquitectura física básica sobre la cual articular la interoperabilidad con modelos BIM. Para ello, el primer hecho a destacar son las cuatro capas sobre la cual se articula. Esta sectorización en capas proviene de la UNE 178104, y se divide en cuatro: la capa de servicios inteligentes, la capa de interoperabilidad, la capa de conocimiento y la capa de adquisición de datos. A lo largo de estas cuatro capas los archivos han de trasladarse o viajar manteniendo un “idioma común”, para ello los formatos oficiales IFC son el .step i el .Xml, y aunque a día de hoy todavía no es oficial, contamos con un tercer formato, el .json.

Capa de conocimiento

El primer punto a tratar en esta capa sería la base de datos. De las tipologías comentadas anteriormente en el apartado de filosofía, se recomienda, dada la naturaleza del formato IFC, una base de datos orientada a grafos. (Un grafo es una estructura

matemática que se utiliza para representar relaciones entre objetos.) La característica más importante de una base de datos de grafos es su capacidad para representar y gestionar de manera eficiente relaciones complejas y conexiones en los datos, lo que la hace ideal para modelar y consultar datos altamente interconectados en aplicaciones como redes sociales, recomendaciones, análisis de redes o en nuestro caso, modelos de BIM.

Las bases de datos orientadas a grafos permiten modelar datos de manera flexible y natural, lo que es especialmente útil cuando se trata de datos altamente interconectados tal como pasa en los modelos BIM con formato IFC. Los elementos de datos se representan como nodos, y las relaciones entre ellos se representan como bordes (aristas) en un grafo. Esto facilita la representación de relaciones complejas y su análisis.

Dada la naturaleza de los modelos BIM en la que el componente espacial es importante ya que hablamos de una representación 3D con sus datos asociados, encontramos que estas bases de datos están optimizadas para consultas que involucran relaciones y patrones de conexión. Esto las hace especialmente eficientes para consultas de navegación. A medida que se agregan más nodos y relaciones, o, dicho de otra manera, agregamos más partes de la ciudad o más detalle a los elementos 3D, las bases de datos orientadas a grafos pueden mantener un rendimiento rápido.

La elección de una base de datos en lugar de un sistema de ficheros es el gran objetivo que persigue esta arquitectura, dado que una base de datos permite realizar consultas que impliquen uno o más ficheros, realizar cambios masivos, o análisis a gran escala. De aquí que sean altamente recomendadas las BD para modelos de BIM en formato abierto IFC opciones como Neo4j o OrientDB.

Capa de interoperabilidad

La capa de interoperabilidad nace de disponer de un servidor en la nube con protocolo HTTP REST en el que almacenar los modelos realizados mediante la metodología BIM. Por sus siglas en inglés, "Representational State Transfer" (Transferencia de Estado Representacional), se trata de un estilo de arquitectura de software que se utiliza comúnmente en servicios web y aplicaciones en la nube para permitir la comunicación y la interacción entre sistemas distribuidos a través del protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol).

HTTP es el protocolo comúnmente conocido de la World Wide Web y se utiliza para la transferencia de datos entre un cliente (se podría considerar como un navegador web) y un servidor. REST utiliza las operaciones HTTP estándar, como GET, POST, PUT y DELETE, para realizar acciones en recursos en la nube.

Un servidor en la nube que sigue el enfoque REST proporciona una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) que se considera "RESTful". Esto significa que la API está diseñada siguiendo los principios de REST, como la utilización de URI (Uniform Resource Identifiers) para identificar recursos y el uso adecuado de los métodos HTTP para realizar operaciones en estos recursos.

Por último, destacar que en este tipo de servidores los datos y funcionalidades se modelan como recursos. Cada recurso se identifica mediante una URL única. Por ejemplo, un servicio de almacenamiento en la nube podría tener recursos que representen archivos, carpetas, usuarios, etc.

Capa de servicios inteligentes

Inicialmente, y antes de esta capa, se requiere de una infraestructura de servidor en la nube que proporcione recursos de computación y almacenamiento, así como la elección de una base de datos, de esta manera la capa de servicios inteligentes se creará en función y en consonancia a las anteriores. Dado que en este documento ya han sido expuestas, es posible proseguir con la argumentación de esta capa.

La propuesta del esquema es crear servicios Web/API que permitan acceder a la información de la base de datos desde cualquier dispositivo ya sea PC, tablet o móvil. Al crear servicios web o API en el servidor en la nube, estos deben proporcionar métodos para recuperar, actualizar y gestionar los modelos BIM y sus datos asociados. Estos servicios Web App nos ofrecen la posibilidad de diseñar una aplicación web front-end que actúe como un visor de modelos BIM. Existe la opción de utilizar tecnologías web como HTML5, CSS3 y JavaScript para crear la interfaz de usuario. Esta aplicación se conectará a los servicios web/API para obtener y mostrar los modelos BIM. Con la configuración ya descrita es posible incorporar sistemas de seguridad como la autenticación y autorización para garantizar que los usuarios tengan acceso adecuado a los modelos BIM.

La principal ventaja de realizar una aplicación web es que no requiere instalación de software y por tanto las actualizaciones tampoco supondrán un impedimento más allá de que estén soportadas por el sistema operativo del dispositivo. Además, en caso de

realizar una app web que sea capaz de operar en dispositivos android permitirá el acceso a la base de datos desde cualquier ubicación, lo cual es especialmente útil en el contexto de la construcción en el que se encuentran los modelos BIM.

Capa de adquisición de datos

Existe la posibilidad de incorporar una capa de adquisición de datos con capacidad para obtener información actualizada y relevante de diversas fuentes, como bases de datos verticales, plataformas sensoriales y redes sociales. Esta información sería interoperada mediante el servidor de BIM, representada en la capa de servicios inteligentes e integrada en la base de datos.

Para todo este proceso sería viable el uso de buses de Datos (Kafka) para crear una canalización de datos en tiempo real. Kafka es especialmente útil para la transmisión de datos a gran escala y es capaz de manejar flujos de datos de alta velocidad.

En cuanto al resto de actores es necesario realizar conectores para interactuar con ellos, empezando por conectores de datos específicos para cada fuente de datos que así se requieran. Estos conectores tienen la opción de ser componentes que se ejecutan independientemente y que se conectan a las fuentes de datos relevantes. Por ejemplo:

- **Conector de Base de Datos:** Con el objetivo de adquirir datos de inventarios de bases de datos verticales es posible utilizar conectores diseñados para interactuar con bases de datos SQL o NoSQL específicas. Estos conectores extraerán los datos y los enviarán a los "topics" de Kafka correspondientes.
- **Conector de Sensores:** Para obtener datos de plataformas sensoriales, se requieren conectores que tengan la capacidad comunicarse con sensores físicos o sistemas de adquisición de datos, como IoT (Internet of Things). Estos conectores a su vez enviarán, al igual que los conectores anteriores, datos a los "topics" de Kafka.
- **Conector de Redes Sociales:** Con el fin de recopilar datos de redes sociales, es un requisito el uso de conectores que se integren con las APIs de las plataformas sociales populares, como X, Facebook o Instagram. Estos conectores recopilarán publicaciones, comentarios u otros datos relevantes y los enviarán a Kafka.

Mediante esta arquitectura de capas será posible realizar primero de todo, cargas parciales de la ciudad y visualizarla en un entorno 3D a través de la WEB app accesible

desde cualquier dispositivo. Como paso posterior, nos permitirá visualizar los datos a tiempo real obtenidos a través de sensores o de las redes sociales y nos permite interactuar con elementos urbanos en caso de que éstos así lo permitan. Por último, todas las interacciones descritas quedarán registradas en la base de datos orientada a grafos, ya que éstas así lo permiten.

4.3. Hoja de ruta

La implementación exitosa de Building Information Modelling (BIM) en una corporación es un proceso estratégico que implica una cuidadosa planificación y ejecución. Reconociendo la necesidad de una transición efectiva, es fundamental adoptar un enfoque iterativo basado en el soft-landing. Este enfoque permite a la organización adaptarse gradualmente a las innovaciones que BIM aporta minimizando el impacto sobre el factor humano.

La hoja de ruta para implementar BIM en una corporación consta de cuatro etapas clave donde cada una juega un papel esencial en el éxito global del proceso: análisis del contexto interno, asentar las bases mediante un prototipo, desarrollar proyectos piloto y por último consolidar todo el conocimiento adquirido.

4.3.1. Análisis del contexto interno

Entendiendo los procesos como el motor de la actividad de cualquier empresa, pública o privada, realizar análisis de procesos se convierte en un ejercicio importante, no sólo con el fin de implementar nuevas metodologías, también para realizar el correcto mantenimiento de dicho motor y detectar errores y aspectos de mejora.

En la imperante burocracia de las administraciones locales, así como en sus procesos asociados dentro del marco de la administración electrónica, se requiere de un estudio interno exhaustivo si se pretenden incorporar nuevas metodologías de trabajo.

Los métodos de discernimiento basados en el estudio de los diferentes departamentos definiendo para cada uno el ***User's journey y Customer's discovery*** son altamente recomendables, siempre y cuando se realicen con la cooperación de los técnicos de la casa y elaborados particularmente para cada rol de una administración, con el fin de obtener los usos, entregables y/o productos que la nueva metodología pueda generar, siempre adaptados a las realidades y necesidades de los agentes de la corporación.

Todo análisis de procesos dentro de la metodología BIM pretende reflexionar sobre la viabilidad de digitalización de la ciudad y, más allá de la ética productiva, visibilizar la rentabilidad económica de implantar y armar la ciudad digital mediante esta metodología.

Es recomendable que las propuestas de implementación vengan de la mano de los estándares BIM hoy vigentes, como por ejemplo la ISO 19650: norma internacional de gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo tal como se ha desarrollado previamente en el documento, o la ISO 12006: norma internacional enfocada a organizar o estructural la información del modelo BIM y a la creación de diccionarios.

4.3.2. Asentar las bases. Prototipo y usos BIM

Con el fin de asentar las bases y verificar los usos específicos de BIM que se emplearán, es necesario comenzar por definir el alcance del prototipo. En esta etapa, se debe establecer claramente el propósito y los objetivos del prototipo BIM. Esto incluye determinar las áreas o proyectos específicos en los que se aplicará BIM y las disciplinas involucradas, como arquitectura, estructura y/o instalaciones.

Para desarrollar el prototipo es imperativo designar un equipo de trabajo, este equipo debe incluir expertos en modelado BIM, que puede venir de un recurso interno o por contratación externa, a la vez que ingenieros, arquitectos y otros especialistas relevantes de nuestra corporación.

Una vez confeccionado el equipo y elegido el edificio o proyecto sobre el cual ejecutar el prototipo, es necesario definir los estándares BIM y las directrices que se seguirán durante el desarrollo del prototipo. Esto incluye la adopción de estándares de intercambio de información, protocolos de nomenclatura y estructura de archivos BIM, y directrices de modelado específicas para el proyecto en cuestión. Dentro de estos estándares y directrices es importante la elección de la plataforma de software BIM, ya que su elección se antoja crítica puesto que debe con los estándares seleccionados y satisfacer las necesidades de modelado y colaboración del equipo.

Durante el desarrollo propiamente dicho, serán necesarias acciones propias de la elaboración de un modelo como la generación de modelos 3D de alta calidad que integren información detallada sobre la geometría, materiales, sistemas y componentes. La incorporación de datos específicos relacionados con costos, programación, sostenibilidad y otros aspectos relevantes para la corporación. Así como la realización

de revisiones y pruebas que implique a detección de errores, la verificación de la consistencia de los datos y la evaluación de su utilidad para los usuarios finales.

La última etapa del prototipo es validar los usos de BIM, donde entre otros se verifica si el prototipo BIM satisface los usos previamente definidos por la corporación. Se evalúa la eficiencia en la gestión de la información, la mejora en la toma de decisiones y la colaboración interdisciplinaria. Y por último se debe documentar el proceso de implementación del prototipo BIM, identificando los desafíos, las soluciones y las lecciones aprendidas. Esto servirá como referencia para futuras implementaciones BIM dentro de la corporación.

4.3.3. Desarrollo. Proyectos Piloto

En esta etapa el primer paso es identificar proyectos que sean representativos de la cartera de la corporación. Estos proyectos deben variar en complejidad, tamaño y tipología constructiva para asegurar una evaluación exhaustiva de la aplicabilidad de BIM en diferentes contextos.

Cada proyecto piloto debe tener objetivos específicos y medibles relacionados con la implementación de BIM que ya se trabajaron en la etapa anterior de prototipado. Estos objetivos pueden incluir, entre otros, la mejora de la coordinación entre disciplinas, la reducción de errores en la fase de construcción, la optimización de costos y plazos, o la generación de documentación de alta calidad. No existe un estándar ni una receta replicable, sino que cada corporación en base a sus objetivos y a cada proyecto deberá definir sus objetivos.

Tal como pasaba en la etapa anterior el factor humano es esencial y por tanto se han de asignar equipos de trabajo dedicados a cada proyecto piloto. Estos equipos deben estar compuestos por profesionales con experiencia en BIM, incluyendo modeladores, coordinadores BIM y expertos en las disciplinas relevantes, así como personal interno de la corporación. El tándem en esta etapa requerirá de inversión ya sea incorporando nuevos perfiles o contratando su asistencia. Estos tándems a los cuales se hace alusión implican nuevos roles y por tanto se han de desarrollar flujos de trabajo BIM personalizados para cada proyecto piloto. Estos flujos de trabajo definen cómo se gestionarán los datos, la colaboración entre disciplinas, la revisión y aprobación de modelos, y la comunicación con las partes interesadas. Por último, es imperativo proporcionar formación a los equipos de trabajo para garantizar que estén familiarizados con el uso efectivo del software BIM y los flujos de trabajo definidos.

Una vez controlado el factor humano, es importante asegurar que el software BIM seleccionado y las herramientas tecnológicas estén debidamente configurados y adaptados a las necesidades de cada proyecto piloto. Esto incluye la configuración de plantillas de proyecto y la integración de sistemas de gestión de datos BIM.

Definido el qué (proyectos piloto), el cómo (los flujos de trabajo y el software), y el quién (equipos de trabajo), se da comienzo al desarrollo de modelos BIM, que deben seguir los estándares y directrices previamente definidos en el prototipo de la etapa anterior y contener información completa y precisa sobre el proyecto. Dado que disponemos de una gran variedad de proyectos, surgirán conflictos sobre los cuales se ha de llevar a cabo una coordinación activa entre los equipos de diferentes disciplinas para identificarlos y resolverlos en el modelo BIM. Durante su desarrollo, se ha de realizar una evaluación exhaustiva de los proyectos piloto en relación con los objetivos establecidos. Se identifican áreas de mejora y se realizan ajustes en los procesos, flujos de trabajo y modelos BIM según sea necesario.

Por último, se documentan los resultados de los proyectos piloto, incluyendo lecciones aprendidas, mejoras logradas y recomendaciones para futuras implementaciones BIM. Estos resultados se comparten dentro de la corporación para informar la toma de decisiones estratégicas.

4.3.4. Consolidación

Encontramos que esta etapa es la gran olvidada en el desarrollo de proyectos puesto que en múltiples ocasiones se cree falsamente que la meta es el fin del proyecto cuando no es así, la meta es consolidar todo el aprendizaje que se ha ido desarrollando por el camino.

Cabe puntualizar que esta etapa se caracteriza por una serie de acciones clave que deben llevarse a cabo para garantizar una implementación efectiva y sostenible de la metodología BIM. En primer lugar, se debe realizar una evaluación exhaustiva de los resultados obtenidos en las etapas anteriores. Esto implica analizar en detalle los prototipos y proyectos piloto, identificando los éxitos y las áreas de mejora. Por suerte, y si siguen las instrucciones de este documento, en las etapas anteriores ya se ha realizado este trabajo en vistas a una consolidación eficaz de lo aprendido.

Una vez completada la evaluación, se procede a la actualización de estándares y directrices específicas que se designaron en etapas anteriores para la adopción generalizada de BIM en la organización. Esto incluye la creación de un manual de uso de

BIM, tal como recoge la ya mencionada ISO 19650, que establece los procedimientos y metodologías que deben seguirse en todos los proyectos futuros tanto internos como externos.

En paralelo, es crucial llevar a cabo un programa de formación y capacitación continua para el personal de la organización, esta vez a gran escala. Esto asegura que todos los miembros del equipo estén familiarizados con las herramientas BIM y sean competentes en su uso. De esta manera es posible establecer un sistema de gestión de la información que garantice la correcta documentación, almacenamiento y acceso a los modelos y datos generados en los proyectos. El objetivo será el de mantener la integridad de la información a lo largo del ciclo de vida de los activos construidos.

En un contexto en el que todos los agentes han llevado a cabo un programa de formación, es prácticamente una consecuencia el hecho de que se promueva la colaboración y comunicación efectiva entre los diferentes equipos y disciplinas involucradas en los proyectos BIM.

Finalmente, es altamente recomendable establecer indicadores de desempeño, así como realizar un seguimiento constante de la implementación de BIM en la organización. Esto permitirá evaluar el progreso, identificar desafíos y tomar medidas correctivas según sea necesario.

5. EXPERIENCIAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN SUS ORGANIZACIONES

Tras haber explorado la metodología BIM desde sus fundamentos conceptuales y su marco legislativo y habiendo justificado su aplicación práctica a través de ejemplos concretos, nos adentramos ahora en las experiencias reales de implementación de BIM. Esta sección se centra en tres casos emblemáticos de éxito que ilustran la adaptación y el impacto de BIM en la gestión municipal y urbana. Examinaremos cómo el Ayuntamiento de Madrid, el Área Metropolitana de Barcelona y el Ayuntamiento de Sant Feliu de Llobregat han integrado esta metodología innovadora en sus operaciones. Estos ejemplos no solo subrayan la versatilidad y eficacia de BIM en diferentes contextos, sino que también proporcionan insights valiosos para otras entidades que estén considerando su implementación.

5.1. Área Metropolitana de Barcelona (AMB)

Inicio:

La Dirección de Espacio Público del AMB se encarga de la promoción, desarrollo y mantenimiento de proyectos y obras de urbanización, parques, plazas y playas, así como edificios municipales, en el interior del área metropolitana de Barcelona, un territorio compuesto por 36 municipios, con 3,2 millones de habitantes y una extensión de 636 km².

El desarrollo de proyectos y seguimiento de las obras se ejecutan, en gran medida, mediante licitaciones, pero hay una pequeña parte que se desarrolla de forma interna por el equipo de técnicos de la Dirección.

En este contexto, se plantea la necesidad de realizar un cambio en la redacción y gestión de los proyectos y obras de edificación y de espacio público, para adoptar el BIM como metodología de trabajo.

En el año 2015 se inicia el proceso para comenzar este cambio, y para ello se licita la asesoría y formación para *la implantación de la metodología BIM*.

Para este cometido se redacta un pliego que recoge las que se consideraban las necesidades principales:

- Asesoría
- Formación: formación durante 1 año y medio a 120 técnicos de diferentes perfiles, para habilitarlos en el uso de la metodología.
- Implantación: generación de documentos para uso interno y para licitaciones: BEP de referencia, guía de requisitos BIM, manual de uso y manual de estilo.

Proceso:

El proceso se inicia con la planificación de la formación del equipo de técnicos, ofreciendo una formación a medida para cada uno de los perfiles técnicos, creando un total de 11 grupos de unas 8-15 personas cada uno.

Se establecen los usos BIM para cada uno de los servicios de la Dirección, para así diseñar la formación de acuerdo con ellos. Así mismo se planifica el nivel de implantación para cada uno de los perfiles establecidos, en cada una de las dimensiones del BIM (1D-9D), listando todo el software necesario para cada uno de los usos, y asignando cada uso a los perfiles encargados de su explotación.

Se habilita un aula BIM, con ordenadores y software específicos, para la formación. Cada grupo tiene una clase semanal de unas 2 o 3 horas, según su perfil. La formación de todo el equipo en conjunto dura 1 año y 3 meses.

Cuando la formación ya está en un estado avanzado de madurez, y se considera que los técnicos ya poseen las competencias para desarrollar proyectos, se inicia el desarrollo de una práctica sobre proyectos reales, creando equipos multidisciplinares, los cuales desarrollan el proyecto completo, asumiendo cada persona la parte que sería su responsabilidad una vez implementado el cambio de metodología a BIM.

Para poner en práctica todos los usos y dimensiones del BIM recogidos en el contrato, se generan los modelos de un conjunto de proyectos que se encontraban en fase de obra en el momento, de forma que se pudiera poner en práctica el cambio de metodología también en esta fase del ciclo de vida del activo.

Por último, se finaliza la redacción de los documentos siguientes:

- BEP de referencia (para uso interno y para redacción de pliegos)
- Guía de requisitos BIM (sobre todo para redacción de pliegos)
- Manual de uso y manual de estilo (para uso interno)

Lecciones aprendidas:

- Es recomendable hacer una implementación gradual y prolongada en el tiempo: ser demasiado ambicioso y querer pasar a hacer BIM en todas las fases y con todos los usos posibles desde un inicio es poco realista.
- Este es un proceso que conlleva un aprendizaje con un elevado nivel de complejidad, que afecta a muchos procesos internos ya establecidos y a muchas personas, por lo que es recomendable planificar correctamente sus fases.
- Es imprescindible contar con técnicos internos especialistas en la materia, a poder ser desde el inicio de la implementación, que garantizarán que se dará continuidad a ésta. La tarea de implementación no termina con la finalización del contrato. Debe haber un equipo interno que siga con el trabajo de implementación, formación y generación de contenido, se encargue de establecer protocolos, y sea el referente técnico para la resolución de dudas o la investigación de nuevos procesos en todo lo relacionado con el BIM.
- Es imprescindible involucrar al equipo de TIC en el proceso. Desde un inicio se deberá responder a las necesidades de hardware, software y sistemas, para poder desarrollar la implementación con éxito, y comprender las implicaciones a este respecto del cambio de forma de trabajar.

Pasos post implantación:

En 2017 se crea la oficina BIM: un equipo de técnicos especialistas que se encargan de generación de contenido, formación, generación de documentación para pliegos, asesoría en proyectos internos y seguimiento de los contratos adjudicados. Este equipo es el referente BIM de la Dirección, y del resto de departamentos y direcciones del Área Metropolitana.

También se establece un grupo de coordinadores BIM: representantes con un conocimiento avanzado en la metodología de cada uno de los grupos o departamentos, que pueden transmitir y proponer soluciones o problemáticas de su equipo o especialidad.

Se establecen reuniones mensuales entre la oficina BIM y los coordinadores BIM, para revisar protocolos y exponer novedades, compartir experiencias, consultar necesidades, etc.

Conclusiones:

Esta implementación es aconsejable realizarla con pasos pequeños y seguros.

Es imprescindible que haya un equipo que centralice todo lo relacionado con el BIM, y que sean especialistas en la materia.

El equipo encargado del BIM (en el caso del Área Metropolitana de Barcelona la oficina BIM) debe estar en constante comunicación con el resto de departamentos, tanto internos como externos a la propia dirección, para garantizar un correcto flujo de información y adaptar las metodologías establecidas a los cambios sean internos o externos.

5.2. Ayuntamiento de Madrid

Caso de uso de coordinación BIM/GIS. Remodelación del Nudo Norte.

El proyecto de remodelación del Nudo Norte es un proyecto emblemático del Ayuntamiento de Madrid, que se enmarca en la estrategia de sostenibilidad ambiental Madrid 360.

La envergadura del proyecto se cifra en un presupuesto de más de 41 millones de euros, un plazo de ejecución de 22 meses, una superficie de más de 150.000 m² y un uso de más de 270.000 vehículos/día y 34.000 vehículos en hora punta, que lo convierten en uno de los de mayor intensidad de tráfico de España.

El objetivo del proyecto era eliminar los trenzados en superficie que se producían, sustituyéndolos por tres pasos inferiores y uno superior en forma de viaducto.

Los principales retos que se planteaban fueron, por una parte mantener el tráfico funcionando durante toda la ejecución, garantizando el acceso a los tres PAUs de la zona y a los servicios esenciales (hospitales de La Paz y Ramón y Cajal, estación de Chamartín y centro de negocios de las Cuatro Torres); y por otra garantizar las conducciones de servicios, destacando el retranqueo de cuatro tuberías de abastecimiento de agua de 2 metros de diámetro que abastecen prácticamente a la mitad de la ciudad.

Asimismo, se planteó como proyecto piloto de implementación de la metodología BIM, siendo la primera obra ejecutada por el Ayuntamiento de Madrid con esta tecnología.

Se ha desarrollado un modelo durante todo el ciclo de vida de la obra. En la fase de planificación, identificando requerimientos y procedimientos en función de los objetivos. Durante el seguimiento de la obra en fase de ejecución se ha evolucionado identificando mejoras en la implementación de la metodología BIM. Y finalmente ha permitido optimizar los procedimientos en obra, los requerimientos en licitaciones y el intercambio de información con otras áreas de gobierno (planificación, tráfico, ciudadanía, etc.).

Se ha alcanzado un nivel de desarrollo 5D, con usos como el modelo digital, coordinación 3D, planificación 4D, planificación de espacios, simulación de tráfico, estimación de costes y modelo as-built.

Finalmente, también ha servido como proyecto piloto de integración BIM/GIS, materializándolo en tres resultados prácticos:

- Integración del modelo BIM con el modelo propio de gestión y mantenimiento de calle30 (GMAO), dado que es la responsable de la conservación de la infraestructura.
- Durante la fase de ejecución, mediante la integración del modelo BIM con la información GIS del entorno para ofrecer a la ciudadanía un visor de afecciones al tráfico.
- Con el geoportal municipal, para la consulta, descarga y visualización de la información en el entorno GIS corporativo.

La integración con [geoportal](#) ha permitido la consulta, descarga y visualización en un [visor web 3D](#); de información BIM en formato IFC y SLPK, nubes de puntos en formato LAS, archivos LPKX de paquetes de capas, archivos vectoriales en formato SHP 2D y MDT ráster.

Los siguientes retos serán la integración entre el modelo IFC y el modelo de datos de la cartografía municipal 3D a nivel de primitivas gráficas y el desarrollo de las herramientas de transformación en ambos sentidos, que permitan utilizar la información cartográfica municipal en los proyectos BIM desde la fase de proyecto; y a su vez, que los proyectos BIM alimenten la actualización de las bases digitales de geoinformación municipales.

5.3. Ayuntamiento de Sant Feliu de Llobregat

Ubicada en la provincia de Barcelona, la ciudad de Sant Feliu de Llobregat es la capital de comarca del Baix Llobregat y forma parte del área metropolitana de Barcelona. Con una superficie aproximada de 12 km cuadrados y cerca de 45 mil habitantes, ejerce sus funciones con alrededor de 49 millones de presupuesto para este 2024.

El recorrido en metodología BIM del ayuntamiento de Sant Feliu de Llobregat se remonta al año 2014, cuando este ente municipal comenzó a indagar en la gestión integral de los equipamientos municipales mediante el uso de modelos 3D y para ello comenzó a generar una herramienta a modo visor que incorporar el GIS ya existente y modelos 3D generadas con herramientas de código abierto.

En el año 2017, después de generar una cartera de inmuebles en 3D, aterrizó el concepto BIM en el consistorio, cambiando el paradigma de gestión que se tenía hasta ese momento y, vista la complejidad de esta metodología, se decidió redactar un documento marco de estrategia para la implementación de BIM, que fue aprobado por pleno municipal en mayo de 2018. Este hecho fue un hito puesto que permitió al ayuntamiento comenzar a invertir parte de su presupuesto en esta metodología.

Siguiendo las pautas de dicha estrategia, se incorporó un perfil que desarrollaría a lo largo de 2019 – 2020 la guía de requisitos BIM, los archivos de base de producción, la redacción de las cláusulas BIM en licitaciones públicas para proyectos, obras y servicios, y el modelado siguiendo la comentada guía de requerimientos de 4 equipamientos municipales a modo de proyecto piloto. De manera simultánea, se mejoró el visor municipal para incorporar el formato abierto de modelos BIM, el IFC.

Con la guía de requerimientos establecida y los cuatro modelos de proyecto piloto se discernió que esta metodología era viable para uso en materia de mantenimiento y gestión de los equipamientos municipales. Por tanto, con este marco se daba a entender que un modelo BIM era un producto inventariable y replicable y que, por tanto, era beneficioso para la administración local ampliar el abanico de modelos digitales. Cabe añadir que el visor municipal, fue incorporando funcionalidades hasta ser capaz de gestionar modelos BIM en formato abierto, independientemente de la fase en la que se encuentren, proyecto, obra o mantenimiento.

En la fase de 2021-2022 y mediante una licitación pública, se contrató el modelado de equipamientos hasta tener 10 activos digitales obtenidos de diferentes fuentes. Unos modelos proceden únicamente de la documentación en 2D y su levantamiento en

modelo BIM, otros del seguimiento de obra y actualización en As-Built y un proyecto ejecutado en BIM desde el proyecto ejecutivo hasta As-Built. Además, el conocimiento adquirido de estos modelos permitió alinear las prácticas del Ayuntamiento con la ISO 19650 con el fin de intentar garantizar la integridad de los datos a lo largo de todo el ciclo de vida, físico y digital, de los diferentes equipamientos.



En la etapa presente, 2023-2024, esta cartera de inmuebles se ha democratizado a toda la plantilla del ayuntamiento mediante la creación de un catálogo online de dichos modelos. Este catálogo permite, tanto al personal técnico como al operativo, consultar la ubicación o el paso de las instalaciones, los datos de las maquinarias de clima o las luminarias, e incluso contabilizar los metrajes totales dispuestos de cualquier elemento que esté modelado, lo que permite tener una única fuente de consulta de datos para todos los departamentos de la corporación.

Cabe añadir que, además de incorporar en los pliegos de licitación de obras los requerimientos de BIM para su entrega según los estándares del ayuntamiento y de seguir generando más modelos BIM, se están implementando sinergias con elementos de IOT con el fin de controlar y gestionar los activos de un edificio de manera remota y desde el modelo de BIM, haciendo que estos modelos representen mediante animaciones el estado real de los diferentes aparatos. Un ejemplo claro es el de las luminarias del edificio consistorial del ayuntamiento que a día de hoy el modelo BIM muestra el estado real de las luminarias y permite tanto el control como su programación inteligente.

La trayectoria del Ayuntamiento de Sant Feliu de Llobregat en la adopción y desarrollo de la metodología BIM refleja un compromiso profundo con la innovación y la eficiencia en la gestión municipal. Desde sus humildes comienzos en 2014 hasta la actualidad, el consistorio ha demostrado una notable capacidad para integrar nuevas tecnologías y adaptarse a los cambiantes paradigmas de la gestión de infraestructuras. La implementación de un catálogo online de modelos BIM y la fusión con tecnologías de



IoT han optimizado la gestión de activos y la toma de decisiones. Este enfoque progresista y orientado al futuro muestra la apuesta clara de la ciudad de Sant Feliu de Llobregat por el uso de las nuevas tecnologías para ofrecer una administración pública de calidad para sus habitantes.

6. BIBLIOGRAFÍA

Esta sección bibliográfica se dedica a recopilar una serie de fuentes que han guiado y enriquecido nuestra comprensión y aplicación del BIM en el contexto de la ciudad digital. Las obras seleccionadas abarcan desde textos fundamentales que delinean los principios básicos del BIM, documentos del ámbito público en materia de contratación, hasta normas ISO que ilustran su aplicación como metodología más allá del modelado en 3D de edificios.

Esta bibliografía no solo sirve como un compendio de conocimiento esencial para aquellos interesados en el campo del BIM y las ciudades digitales, sino también como una invitación a reflexionar sobre el futuro de la construcción y la gestión de infraestructuras en la era digital.

- Fundamentos BIM para la contratación pública. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Diciembre 2022.
<https://cvp.mitma.gob.es/fundamentos-bim-para-la-contratacion-publica-2>
- Plan BIM en la contratación pública. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Aprobado en Consejo de ministros en fecha 27 de junio de 2023. <https://www.boe.es/boe/dias/2023/07/20/pdfs/BOE-A-2023-16784.pdf>
https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/cbim/v_26_bis_web_plan_bim_contratacion_publica.pdf
- UNE-EN ISO 19650 Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling)
- UNE-EN ISO 16739-1:2020 Intercambio de datos en la industria de construcción y en la gestión de inmuebles mediante IFC (Industry Foundation Classes).
- REAL DECRETO 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España. (BOE 207, de 29 de agosto de 2007).
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. USA.
<https://highways.dot.gov/research/research-programs/infrastructure/building-information-modeling-bim-infrastructure-overview>
- Observatorio CIBIM – Comisión interministerial BIM
<https://cibim.mitma.es/observatorio-cibim>

- Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014.
- Ley 9/2022, de 14 de junio, de Calidad de la Arquitectura
- Resolución del Órgano Administrativo de Recursos Contractuales de la Comunidad Autónoma de Euskadi.
- BuildingSMART Spanish Chapter.
<https://www.buildingsmart.es/>
- Estrategia BIM Municipal, Ayuntamiento de Sant Feliu de Llobregat.
- Documentos del intercambio de la información, Ayuntamiento Sant Feliu de Llobregat. OIR, Organizational Information Requirements. EIR, Exchange Information Requirements. AIR, Asset Information Requirements. PIR, Project Information Requirements.
- Libro blanco sobre la definición estratégica de implementación del BIM en la Generalitat de Catalunya.
<https://terra.bibliotecadigital.gencat.cat/bitstream/handle/20.500.13045/623/libro-blanco-definicion-estrategica-implementacion-bim-generalitat-catalunya.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Documentación BIM Infraestructures.cat.
<https://infraestructures.gencat.cat/?page=bim>
- Documentación BIM, Área Metropolitana Barcelona.
 Guía de Requisitos BIM i BEP, herramientas y catálogo de objetos, recursos para trabajar en metodología BIM y enlace al geoportal de cartografía del AMB para descarga de los modelos IFC del territorio.
<https://bim.amb.cat/>

Anejo I: Plantilla BIM Execution Plan

El BEP, por sus siglas, BIM Execution Plan, o Plan de ejecución BIM nos indica el qué, para qué, cuando, cómo y por qué se realiza un proyecto mediante BIM haciendo especialmente relevante en el alcance del proyecto digital. Todo plan de ejecución BIM debería presentar una estructura similar:

- **1. Introducción**
 - 1.1 Objetivos del Plan BIM
 - 1.2 Alcance del Proyecto
 - 1.3 Partes Involucradas
 - 1.4 Definiciones y Términos Clave
- **2. Metodología BIM**
 - 2.1 Selección de la Plataforma BIM
 - 2.2 Estándares y Directrices BIM
 - 2.3 Roles y Responsabilidades del Equipo BIM
 - 2.4 Procedimientos de Colaboración BIM
- **3. Especificaciones del Modelo BIM**
 - 3.1 Desarrollo de Contenidos del Modelo
 - 3.2 Niveles de Desarrollo (LOD)
 - 3.3 Normas de Modelado y Coordinación
- **4. Roles y responsabilidades de Trabajo BIM**
 - 4.1 Inicio del Proyecto
 - 4.2 Desarrollo y Mantenimiento del Modelo
 - 4.3 Revisiones y Aprobaciones
 - 4.4 Entregables BIM
- **5. Gestión de la Información**
 - 5.1 Estructura de Datos BIM
 - 5.2 Gestión de Versiones y Cambios
 - 5.3 Control de Acceso y Seguridad
 - 5.4 Archivo y copias de seguridad de Datos
- **6. Colaboración y Comunicación**
 - 6.1 Plataformas de Colaboración
 - 6.2 Reuniones y Comunicación Regular
 - 6.3 Resolución de Conflictos BIM
- **7. Capacitación y Desarrollo**
 - 7.1 Programas de Capacitación BIM
 - 7.2 Evaluación de Competencias
 - 7.3 Mejoras Continuas y Lecciones Aprendidas

- **8. Entregables del Plan BIM**
 - 8.1 Listado de Entregables BIM
 - 8.2 Cronograma de Entregas
 - 8.3 Evaluación de Entregables BIM
- **9. Aprobaciones y Firma**
 - 9.1 Revisión y Aprobación del Plan BIM
 - 9.2 Actualizaciones y Revisiones

BIM Execution Plan

**Nota: Esta es una propuesta genérica. A partir de esta es posible generar un producto viable y ajustado a un proyecto. Cabe señalar, tanto para este punto como para los siguientes, que el uso de tablas es muy popular en este tipo de documentos, de aquí que se pretenda seguir esta tendencia.*

Las tablas de este apartado del documento se han elaborado priorizando los criterios de accesibilidad del documento.

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Objetivos del Plan BIM
- 1.2. Alcance del Proyecto
- 1.3. Partes Involucradas
- 1.4. Definiciones y Términos Clave

Esta sección establece el propósito del plan y proporciona una visión general del proyecto, incluyendo información sobre el equipo de proyecto y las partes interesadas. Entender la información de los equipos del proyecto nos ayudará en el apartado 3 a definir roles y responsabilidades.

1.1. Objetivos del Plan BIM

En este primer punto, se establecen los objetivos específicos que se buscan lograr con la implementación del Modelado de Información de Construcción (BIM) en el proyecto. Cabe destacar que **no son los objetivos de proyecto en sí**, si no aquellos objetivos que se persiguen aplicando BIM en el propio proyecto. Estos objetivos pueden incluir la mejora de la eficiencia, la reducción de errores, facilitar la colaboración y otros aspectos clave. En las primeras tomas de contacto con esta documentación es recomendable establecer pocos objetivos e ir ampliando paulatinamente.

Objetivo	Descripción
Objetivo N (describir N objetivos)	[Descripción del objetivo N.]
...	...

1.2. Alcance del Proyecto

En este apartado se delimita el alcance del proyecto en relación con el uso de BIM. Se especifican las fases del proyecto que estarán sujetas al modelado BIM y cualquier restricción relevante, como las designaciones del contrato o licitación pública. Es posible agrupar, como en este ejemplo, o agrupar según otras consideraciones o lotes en los que se contrate una obra ahondando así en el grado de detalle que sea requerido.

Fase del Proyecto	Arquitectura	Estructura	Instalaciones	Urbanismo
Diseño Preliminar	Sí	No	No	No
Proyecto Ejecutivo	Si	Si	Si	No
Construcción	Sí	Si	Si	Si

1.3. Partes Involucradas

En este punto se identifican las partes interesadas clave **que participarán en la implementación y uso de BIM** en el proyecto. Es importante identificar cada agente en el ciclo de vida de la construcción, así como el rol que desarrollará. Es posible agrupar agentes por “parte contratada o licitadora” o si el proyecto así lo requiere, se designan los usuarios en concreto. En este punto suele ser una buena praxis disponer los datos de contacto e incluso la disponibilidad durante la semana para realizar coordinaciones.

Parte Involucrada	Rol
Propietario	[Descripción del rol del propietario.]
Arquitecto	[Descripción del rol del arquitecto.]
Contratista	[Descripción del rol del contratista.]
Ingeniero Estructural	[Descripción del rol del ingeniero estructural.]
...	...

1.4. Definiciones y Términos Clave

Aquí se proporcionan definiciones claras y concisas de los términos y conceptos clave relacionados con BIM que se utilizarán a lo largo del proyecto. Este punto es relevante, primero, porque todavía hay empresas que empiezan con la metodología BIM y les

resulta de especial utilidad, y segundo, porque BIM es una metodología en constante evolución que incluye cada vez más términos de los cuales todo agente va aprendiendo contrato a contrato.

Término	Definición
Modelado BIM	[Definición de Modelado de Información de Construcción.]
LOD (Niveles de Desarrollo)	[Definición de LOD.]
...	...

2. METODOLOGÍA BIM

- 2.1. Selección de la Plataforma BIM
- 2.2. Estándares y Directrices BIM
- 2.3. Roles y Responsabilidades del Equipo BIM
- 2.4. Procedimientos de Colaboración BIM

Esta sección establece la metodología a seguir durante todo el contrato, definiendo desde la plataforma hasta los procedimientos de colaboración. Gran parte del éxito del proyecto BIM se canaliza en esta sección.

2.1. Selección de la Plataforma BIM

Aquí se detallan las plataformas de software BIM que se utilizarán en el proyecto. Además, se establecen los criterios de selección y los motivos para elegir una plataforma específica sobre otras. Estos motivos suelen ir de la mano de los objetivos descritos en el 1.1 del BEP.

Plataforma BIM	Criterios de Selección	Justificación
[Nombre]	[Criterios específicos.]	[Justificación para la elección.]
...

2.2. Estándares y Directrices BIM

En este apartado se especifican los estándares y directrices BIM que se seguirán durante el proyecto. Esto puede incluir normativas locales, estándares internacionales, y cualquier guía específica que el equipo deba seguir. Es común que algunas administraciones públicas hagan alusión a sus guías de requisitos BIM en este punto.

Estándar/Directriz	Descripción
[Nombre]	[Descripción del estándar/directriz.]
[Nombre]	[Descripción del estándar/directriz.]
...	...

2.3. Roles y Responsabilidades del Equipo BIM

Aquí se detallan los roles específicos del equipo BIM y las responsabilidades genéricas asociadas con cada uno. Esto garantiza una comprensión clara de quién es responsable de qué dentro del contexto BIM. En conjunto con el punto anterior 1.3, puede que se generen sinergias entre modeladores de diferentes partes involucradas para resolver posibles retos del modelado del proyecto.

Rol	Responsabilidades
Coordinador BIM	[Descripción de responsabilidades.]
Modelador Principal	[Descripción de responsabilidades.]
Gestor de Datos BIM	[Descripción de responsabilidades.]
...	...

2.4. Procedimientos de Colaboración BIM

En esta sección se establecen los procedimientos y protocolos para la colaboración efectiva entre los miembros del equipo BIM. Esto puede incluir reuniones regulares, métodos de comunicación y herramientas colaborativas.

Procedimiento	Descripción
Reuniones BIM	[Descripción de las reuniones, frecuencia, formato, etc.]
Plataformas de Comunicación	[Descripción de las herramientas de comunicación.]
Flujo de Aprobación	[Descripción del proceso de aprobación para los modelos BIM.]
...	...

3. ESPECIFICACIONES DEL MODELO BIM

- 3.1. Desarrollo de Contenidos del Modelo
- 3.2. Niveles de Desarrollo (LOD)
- 3.3. Normas de Modelado y Coordinación

3.1. Desarrollo de Contenidos del Modelo

Aquí se detalla cómo se desarrollarán y organizarán los elementos dentro del modelo BIM. Esto incluye la estructura de carpetas, la nomenclatura de archivos, los formatos válidos, el idioma, los caracteres, las unidades y nomenclaturas a designar para agentes, fases, zonas de proyecto, etc.

**Ejemplo de estructura de carpetas:*

Dado que la mayoría de los contenedores de información utilizados son archivos, se organizarán mediante carpetas. La estructura de carpetas para el modelo de información almacenado en las áreas compartidas, públicas y archivadas del entorno común de datos deberá tener la siguiente estructura partiendo de cuatro carpetas de inicio: 01 Interno, 02 Compartido, 03 Publicado y 04 Archivado.

01 Interno. En esta área se disponen los archivos que se han aprobado para ser compartidos con otros equipos como referencia no contractual para el desarrollo de su encargo.

- 1.1_ [DISCIPLINA 1][AGENTE][DESCRIPCIÓN].
- 1.2_ [DISCIPLINA 2][AGENTE][DESCRIPCIÓN].
- 1.n_ [DISCIPLINA n][AGENTE][DESCRIPCIÓN].

02 Compartido. Información autorizada para ser compartida con la parte contratante para su revisión y posible aceptación.

- 2.1_ [DISCIPLINA 1][AGENTE][DESCRIPCIÓN].
- 2.2_ [DISCIPLINA 2][AGENTE][DESCRIPCIÓN].
- 2.n_ [DISCIPLINA n][AGENTE][DESCRIPCIÓN].

03 PD Publicado. Información aceptada por la parte contratante para su uso como referencia contractual para las Partes Designadas.

- 3.[FASE NÚMERO] [FASE NOMBRE] [MISMA ESTRUCTURA QUE 02 Compartido].

04 PD Archivado. Contiene los contenedores de información obsoletos.

- 4.[FASE NÚMERO] [FASE NOMBRE] [MISMA ESTRUCTURA QUE 02 Compartido]

La nomenclatura de archivos ha de ser meticulosa por todos los agentes implicados dado el gran número de archivos que se generan mediante la metodología BIM. El orden será el precursor del éxito del proyecto. Es recomendable que la nomenclatura incluya elementos identificativos como código de proyecto, fase, disciplina, subdisciplina, formato y versión del formato.

3.2. Niveles de Desarrollo (LOD)

En este apartado se describen los niveles de detalle y desarrollo de los modelos BIM, así como los criterios para la aceptación de los modelos que van en función de si se cumplen los niveles de detalle y desarrollo. LOD y LOI son acrónimos que se utilizan para describir

el nivel de detalle (*LOD, Level of detail*) y el nivel de información (*LOI, Level of Information*) de los elementos de construcción en el modelo BIM.

El LOD se refiere al grado de detalle geométrico estableciendo el nivel de precisión y calidad de la representación de cada elemento. El LOD se suele clasificar en niveles numéricos, generalmente del 100 al 500, aunque pueden variar según la normativa o los estándares del proyecto. A medida que se avanza en los niveles de LOD, se espera que los elementos tengan una mayor precisión geométrica. Un LOD 100, sería geometría simple, entre LOD 300 y 350 encontraríamos el grado de detalle de un proyecto ejecutivo, LOD 400 nivel de detalle apto para construcción y pre-construcción, y por último un LOD 500 no incluye mayor detalle que éste último, sino que hace referencia al As-Built del proyecto.

El LOI, por otro lado, se refiere al nivel de información que se incluye en los elementos del modelo BIM. Indica el nivel de detalle y calidad de los datos no geométricos asociados con los elementos de construcción. El LOI puede variar desde un nivel básico de información hasta un nivel muy detallado que incluya datos como los costes de construcción, los plazos de entrega, los datos operativos y de mantenimiento, etc. A medida que se aumenta el nivel de LOI, se espera que los elementos tengan una mayor cantidad y calidad de información asociada.

Tanto el LOD como el LOI son vitales en un proyecto de BIM porque ayudan a definir y comunicar las expectativas. Estos niveles también influyen en el alcance del trabajo y los requisitos de colaboración entre los diferentes participantes del proyecto. Al establecer claramente los niveles de LOD y LOI, se pueden evitar malentendidos y se puede lograr una mejor coordinación y colaboración entre los diferentes equipos involucrados en el proyecto de construcción.

Etapas del Proyecto	LOD para Elementos	LOI para Elementos
Diseño Preliminar	LOD 200	LOI 100
Desarrollo	LOD 300	LOI 350
Construcción	LOD 400	LOI 400
...	...	

3.3. Normas de Modelado y Coordinación

En este punto, se especifican las normas y reglas que guiarán el modelado y la coordinación en el proyecto. Esto puede incluir restricciones de dimensiones, convenciones de colores y otros requisitos específicos.

Norma/Regla	Descripción
Altura de Paredes	[Descripción de la norma para la altura de las paredes.]
Colores de Capas	[Descripción de la norma para los colores de las capas.]
Coordinación de Ejes	[Descripción de las reglas de coordinación de ejes.]
...	...

4. ROLES Y RESPONSABILIDADES DE TRABAJO BIM

- 4.1. Inicio del Proyecto
- 4.2. Desarrollo y Mantenimiento del Modelo
- 4.3. Revisiones y Aprobaciones
- 4.4. Entregables BIM

4.1. Inicio del Proyecto

En este apartado, se detallan los procesos y procedimientos específicos relacionados con el inicio del proyecto. Esto incluye la asignación de responsabilidades de inicio, la configuración inicial del modelo BIM y la planificación para la fase inicial.

Proceso	Responsables del inicio	Descripción
Asignación de tareas específicas de inicio de proyecto asignadas a los Roles BIM ya especificados anteriormente		[Descripción de cómo se asignarán las tareas y comunicarán los roles BIM al inicio del proyecto.]
Configuración Inicial del Modelo designada a los roles BIM.		[Pasos para la configuración inicial del modelo, establecimiento de unidades, coordenadas, etc.]
...		...

4.2. Desarrollo y Mantenimiento del Modelo

Aquí se describen los procesos continuos de desarrollo y mantenimiento del modelo BIM a lo largo del proyecto. Esto incluye la actualización regular, la gestión de cambios y la coordinación entre disciplinas. Cabe destacar que estas coordinaciones se establecen entre formatos nativos de modelado BIM, y son muy importantes cuando estos softwares no coinciden entre los desarrolladores de la disciplina de arquitectura y las instalaciones.

Proceso	Responsables del desarrollo	Descripción
Desarrollo Continuo del Modelo	[Nombre, rol o parte contratada responsable.]	[Procedimientos para la expansión y mejora continua del modelo BIM durante el desarrollo del proyecto.]
Gestión de Cambios	[Nombre, rol o parte contratada responsable.]	[Proceso para la gestión de cambios en el modelo BIM, incluyendo revisiones y aprobaciones.]
Coordinación Disciplinaria	[Nombre, rol o parte contratada responsable.]	[Métodos para coordinar y resolver conflictos entre diferentes disciplinas del modelo BIM.]
...

4.3. Revisiones y Aprobaciones

En este apartado se establecen los roles que deben realizar los procedimientos para la revisión y aprobación de los modelos BIM. Esto incluye las etapas de revisión, los responsables de la revisión y los criterios de aprobación. Estas revisiones son internas o entre los equipos que desarrollan las disciplinas, no incluyen en la parte contratante, es la aprobación la que requiere la implicación de ésta. Por tanto, la parte contratante también ejerce un rol de responsabilidad.

Etapas de Revisión	Responsable de la Revisión	Criterios de Aprobación
Revisión de Diseño Preliminar	[Nombre del revisor.]	[Criterios específicos.]
Revisión de Construcción	[Nombre del revisor.]	[Criterios específicos.]

4.4. Entregables BIM

En este punto se especifican los roles que serán responsables últimos de los entregables BIM que se generarán a lo largo del proyecto. Esto puede incluir modelos específicos, informes de coordinación y cualquier otro documento relacionado con el modelo BIM.

Entregable BIM	Responsable de la entrega	Descripción
Modelo BIM	[Nombre, rol o parte contratada responsable.]	[Descripción del modelo BIM y sus diferentes versiones a lo largo del proyecto.]
Informe de Coordinación	[Nombre, rol o parte contratada responsable.]	[Descripción del informe que detalla la coordinación entre disciplinas.]
...

5. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

- 5.1. Estructura de Datos BIM
- 5.2. Gestión de Versiones y Cambios
- 5.3. Control de Acceso y Seguridad

○ 5.4. Archivo y copias de seguridad de Datos

En esta sección se establecen los procedimientos para la gestión de la información durante el proyecto, incluyendo la estructura de los modelos BIM, la coordinación de los modelos y la gestión de cambios. Estructurar los modelos nos permite coordinar las diferentes disciplinas arquitectónicas y trabajar colaborativamente dentro de una misma disciplina y con el resto. Encontramos un ejemplo en la práctica común de dividir, en proyectos de cierta envergadura, el modelo de instalaciones por la tipología de estas, es decir, que los agentes encargados del desarrollo del modelo de instalaciones trabajan por separado y a la vez, coordinando sus respectivos modelos BIM, instalaciones de fontanería, clima, electricidad... Esto permite reducción de los tiempos y produce mejoras en cuanto a la coordinación de los proyectos de instalaciones.

5.1. Estructura de Datos BIM

En este punto se establece la estructura de datos BIM que se utilizará en el proyecto. Esto incluye la clasificación de información, la jerarquía de datos y cualquier estándar específico que deba seguirse. Por ejemplo, clasificaciones de datos como Omniclass, Uniclass o GuBIMClass. Designar jerarquías de modelado entre las disciplinas, como pudiera ser estructuras nivel jerárquico 1 y arquitectura 2 siendo 1 el nivel más alto. Y estándares de modelado siguiendo por ejemplo objetivos de control de costes.

Es muy recomendable elegir una clasificación de elementos constructivos y asignar jerarquías y estándares de modelado en función de ésta, así se obtiene un mayor control de todo el proyecto.

Clasificación de Datos	Jerarquía	Estándar
[Clasificación 1]	[Jerarquía 1]	[Estándar 1]
[Clasificación 2]	[Jerarquía 2]	[Estándar 2]
...

5.2. Gestión de Versiones y Cambios

En este apartado se definen los procedimientos para la gestión de versiones y cambios en el modelo BIM. Esto incluye la numeración de versiones, el control de versiones y la documentación de cambios.

Procedimiento	Descripción
Numeración de Versiones	[Descripción del sistema de numeración de versiones.]
Control de Versiones	[Procedimientos para el control y seguimiento de versiones.]

Documentación de Cambios	[Cómo documentar y registrar los cambios realizados en el modelo.]
...	...

5.3. Control de Acceso y Seguridad

Aquí se establecen las políticas y prácticas para el control de acceso y la seguridad de los datos BIM en los entornos comunes de datos que se designen al proyecto. Esto incluye la asignación de permisos, la autenticación y cualquier medida de seguridad adicional. Por tanto, habrá que designar un responsable que administre estos permisos.

Política de Acceso	Descripción
Asignación de Permisos	[Cómo se asignarán y gestionarán los permisos de acceso y un responsable para ello]
Autenticación	[Procedimientos de autenticación para acceder al modelo BIM.]
Medidas de Seguridad	[Cualquier medida adicional para garantizar la seguridad de los datos.]
...	...

5.4. Archivo y copias de seguridad de Datos

Aquí se describen los procedimientos para el archivo y copias de seguridad de los datos BIM. Esto incluye la frecuencia de las copias de seguridad, la ubicación de almacenamiento y la recuperación de datos en caso de pérdida. En este caso, de nuevo se requiere la designación de un responsable encargado de estas copias de seguridad y gestión en caso de pérdida de datos.

Procedimiento	Descripción
Frecuencia de Respaldo	[Con qué frecuencia se realizarán los respaldos de datos.]
Ubicación de Almacenamiento	[Dónde se almacenarán los respaldos de datos.]
Recuperación de Datos	[Procedimientos para recuperar datos en caso de pérdida.]
...	...

6. COLABORACIÓN Y COMUNICACIÓN

- 6.1. Plataformas de Colaboración
- 6.2. Reuniones y Comunicación Regular
- 6.3. Resolución de Conflictos BIM

En esta sección se establecen los protocolos para el intercambio de información entre los miembros del equipo de proyecto y las partes interesadas, incluyendo la frecuencia y el formato de intercambio. En los protocolos de intercambio es vital definir un ECD

(Entorno común de datos) que asegure el éxito del proyecto. Para ello encontramos algunos que permiten gestionar no sólo la documentación del proyecto como podría darse en una carpeta en la nube, sino también visualizar los modelos, gestionar las incoherencias y las colisiones que se puedan producir entre las diferentes disciplinas.

Es muy recomendable elaborar a partir de esta sección un plan de coordinación BIM resumido en una imagen o diagrama de flujo que incluya el plan para la coordinación de los modelos BIM durante el proyecto, incluyendo el proceso de coordinación, la frecuencia de las reuniones de coordinación y los requisitos para los informes de coordinación. Es posible realizar la coordinación en local o vincular este punto a una coordinación en un ECD en formato abierto. Es vital definir cómo coordinar los modelos BIM ya que el éxito del proyecto depende de ello.

6.1. Plataformas de Colaboración

Aquí se detallan las plataformas y herramientas específicas que se utilizarán para facilitar la colaboración entre los miembros del equipo BIM. Esto puede incluir software de gestión de proyectos, sistemas de comunicación y plataformas de intercambio de archivos.

Plataforma/Herramienta	Propósito	Responsable
[Nombre]	[Propósito de la plataforma/herramienta.]	[Responsable de la gestión y configuración.]
[Nombre]	[Propósito de la plataforma/herramienta.]	[Responsable de la gestión y configuración.]
...

6.2. Reuniones y Comunicación Regular

En este punto se establecen los procedimientos para las reuniones y la comunicación regular del equipo BIM. Esto puede incluir la frecuencia de las reuniones, la agenda, y las herramientas utilizadas para la comunicación.

Tipo de Reunión	Frecuencia	Plataforma de Comunicación
Reuniones de Coordinación	[Frecuencia]	[Plataforma utilizada.]
Actualizaciones del Proyecto	[Frecuencia]	[Plataforma utilizada.]
...

6.3. Resolución de Conflictos BIM

En esta sección se describen los procedimientos para la resolución de conflictos relacionados con el modelo BIM. Esto puede incluir la identificación temprana de problemas, la documentación de conflictos y los métodos para su resolución.

Etapa de Identificación	Proceso de Resolución	Responsable
Identificación Temprana	[Proceso para identificar conflictos tempranamente.]	[Persona responsable de la resolución.]
Documentación de Conflictos	[Cómo documentar y registrar los conflictos identificados.]	[Persona responsable de la documentación.]
...

7. CAPACITACIÓN Y DESARROLLO

- 7.1. Programas de Capacitación BIM
- 7.2. Evaluación de Competencias
- 7.3. Mejoras Continuas y Lecciones Aprendidas

En esta sección se describen los planes de formación y capacitación para el equipo de proyecto BIM en caso de que se incorporen al proyecto agentes con poca o incipiente experiencia en BIM. Se convierte en opcional si no se requiere capacitación.

7.1. Programas de Capacitación BIM

En este apartado se detallan los programas de capacitación BIM que se implementarán para garantizar que todos los miembros del equipo estén familiarizados con las herramientas y procesos BIM utilizados en el proyecto.

Tema de Capacitación	Audiencia Objetivo	Responsable de la Capacitación
Introducción a BIM	[Miembros del equipo]	[Persona responsable de la capacitación.]
Uso de Plataformas BIM	[Especialistas BIM]	[Persona responsable de la capacitación.]
Normas y Estándares BIM	[Equipo de diseño]	[Persona responsable de la capacitación.]
...

7.2. Evaluación de Competencias

En este punto se describen los procesos para evaluar y validar las competencias del equipo en relación con el uso efectivo de BIM. Esto puede incluir pruebas de habilidades, evaluaciones de desempeño y programas de mentoría.

Tipo de Evaluación	Frecuencia	Responsable de la Evaluación
Pruebas de Habilidades	[Frecuencia]	[Persona responsable de la evaluación.]
Evaluaciones de Desempeño	[Frecuencia]	[Persona responsable de la evaluación.]
Programas de Mentoría	[Frecuencia]	[Persona responsable de la evaluación.]
...

7.3. Mejoras Continuas y Lecciones Aprendidas

Aquí se establecen los procesos para la identificación de áreas de mejora continua y la captura de lecciones aprendidas durante la implementación del BIM en el proyecto.

Proceso de Mejora Continua	Responsable
Identificación de Mejoras	[Persona responsable de la mejora continua y def de sesiones de identificación]
Captura de Lecciones Aprendidas	[Persona responsable de la captura de lecciones.]
...	...

8. ENTREGABLES DEL PLAN BIM

- 8.1. Listado de Entregables BIM
- 8.2. Cronograma de Entregas
- 8.3. Evaluación de Entregables BIM

Esta sección establece los entregables BIM del proyecto. La figura del BIM Manager es importante en este punto, ya que es responsable de asegurar la calidad de dichos entregables en relación a todos los puntos anteriores.

8.1. Listado de Entregables BIM

Aquí se proporciona un listado detallado de los entregables BIM que se esperan a lo largo del proyecto. Esto puede incluir modelos específicos, informes de coordinación, documentación y otros elementos clave.

Tipo de Entregable	Frecuencia	Responsable de la Entrega
Modelo BIM	[Frecuencia]	[Persona responsable de la entrega.]
Informe de Coordinación	[Frecuencia]	[Persona responsable de la entrega.]
Documentación Técnica BIM	[Frecuencia]	[Persona responsable de la entrega.]
...

8.2. Cronograma de Entregas

En esta sección se presenta un cronograma detallado que muestra cuándo se esperan los diferentes entregables BIM a lo largo de las diversas fases del proyecto.

Entregable BIM	Fase del Proyecto	Fecha de Entrega
Modelo BIM	Ej. Diseño Preliminar	[Fecha]
Informe de Coordinación	Ej. Construcción	[Fecha]
Documentación Técnica BIM	Ej. Desarrollo	[Fecha]
...

8.3. Evaluación de Entregables BIM

En esta sección se detallan los criterios y procesos para evaluar la calidad y la conformidad de los entregables BIM. Esto puede incluir revisiones internas, revisiones por partes interesadas y cualquier otro proceso de validación.

Criterios de Evaluación	Proceso de Evaluación	Responsable de la Evaluación
Coherencia tridimensional del Modelo	[Proceso para evaluar la coherencia del modelo BIM.]	[Persona responsable de la evaluación.]
Cumplimiento de especificaciones BIM	[Proceso para verificar el cumplimiento de las normas BIM.]	[Persona responsable de la evaluación.]
...

9. APROBACIONES Y FIRMA

- 9.1. Revisión y Aprobación del Plan BIM
- 9.2. Actualizaciones y Revisiones

9.1. Revisión y Aprobación del Plan BIM

En este punto se describen los procedimientos para la revisión y aprobación del propio Plan de Ejecución de Modelado de Información de Construcción (BIM Execution Plan). Esto puede incluir revisiones internas, revisiones por parte de las partes interesadas y cualquier proceso formal de aprobación.

Etapa de Revisión	Responsable de la Revisión	Fecha de Revisión	Resultado de la Revisión
Revisión Interna	[Persona responsable de la revisión interna.]	[Fecha]	[Aprobado/Requiere Modificaciones]

Revisión por Partes Interesadas	[Persona responsable de la revisión por partes interesadas.]	[Fecha]	[Aprobado/Requiere Modificaciones]
...

9.2. Actualizaciones y Revisiones

Aquí se establecen los procesos para realizar actualizaciones y revisiones del Plan BIM a lo largo del proyecto. Esto puede incluir revisiones periódicas, actualizaciones basadas en cambios en el proyecto, o mejoras continuas.

Frecuencia de Actualización	Responsable de la Actualización	Fecha de Próxima Actualización
[Frecuencia]	[Persona responsable de la actualización.]	[Fecha]
...