

Guía de apoyo a contrataciones con requisitos BIM

Guía de apoyo a contrataciones con requisitos BIM



Colegio de Ingenieros Técnicos
de Obras Públicas



INGENIEROS-
CIVILES.ES

Esta guía se ha editado gracias a la subvención del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, aprobada en el Real Decreto 472/2019



En la redacción de la guía han colaborado las siguientes entidades:



PRÓLOGO

Podemos y debemos afirmar con rotundidad que, con mayor o menor grado de madurez en su implantación, la metodología BIM es ya una realidad en nuestro país, y que ha venido para quedarse.

Podemos fijarnos en todo lo que queda por hacer, o recordar el camino que llevamos ya recorrido.

Nuestro Colegio, que representa a los Ingenieros Técnicos de Obras Públicas y a los graduados en Ingeniería Civil, lleva apostando hace tiempo por la implantación del BIM como oportunidad para la transformación digital en los campos de la ingeniería y la construcción. Nuestros sectores deben apostar por la modernización y digitalización para seguir mejorando cada día, estamos convencidos de ello.

Un punto de partida para nosotros fue la constitución en el año 2015 de la comisión esBIM para el fomento de la implantación del BIM en España. Formamos parte activa en su composición, así como en los grupos de trabajo, con varios de nuestros colegiados como voluntarios y como responsables de varios de los subgrupos, colaborando con muchos de los que hoy son todo un referente en la metodología BIM en nuestro país. Desde el año pasado, la comisión interministerial creada a tal efecto recoge el testigo de seguir dando el impulso necesario a actuaciones como la presente.

Este hecho, junto a los cursos de formación y las diferentes jornadas y congresos en los que hemos ido participando cada año, nos han hecho recorrer un camino ascendente en el proceso de maduración en esta nueva herramienta de trabajo colaborativo, que tiene en esta guía un hito muy especial y relevante.

La oportunidad de colaborar con el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, a través de una subvención (según Real Decreto 472/2019, de 2 de agosto), nos ha posibilitado dedicar tiempo y esfuerzo a poner por escrito muchas de las ideas que teníamos. El objetivo, como se indica en el texto del Real Decreto citado, no es otro que fortalecer el proceso de implantación y desarrollo de la metodología BIM en la contratación pública en el sector de la Ingeniería Civil y la construcción en nuestro país.

Tener la oportunidad de elaborar esta guía con grandes profesionales de todo el territorio nacional y poderla presentar en muchas ciudades de España, marca un antes y un después para nuestra corporación y estamos seguros de que también para el sector.

Hemos de agradecer a nuestro Ministerio de referencia y a todos los que han dedicado su tiempo y su esfuerzo redactando cada uno de los apartados, su apuesta por nuestra corporación y por el BIM. Poder contar con tan grandes referentes como los que han participado en este proyecto es un lujo, que tiene mucho que ver con tantos momentos compartidos hasta ahora. Gracias a todos.

Mención aparte merecen nuestros compañeros Rafa, María Jesús, Alicia, Abdallah, Marta, Cristina y María. Sin este gran equipo, nada de esto habría sido posible.

Carlos Dueñas Abellán

Presidente del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas

ÍNDICE

1. ESTADO ACTUAL DE BIM	11
1.1 BIM como vector de cambio	12
1.2 Conceptos básicos	13
1.3 Situación BIM a nivel internacional	14
1.4 Situación BIM a nivel nacional	18
1.5 BIM en la obra pública española	20
2. MARCO NORMATIVO BIM	23
2.1 Legislación vigente en España relacionada con BIM	24
2.2 Normas y guías BIM	29
3. ESTRATEGIA DE UNA IMPLANTACIÓN BIM. VISIÓN DE LA ORGANIZACIÓN	39
3.1 Visión desde la organización	40
3.2 Elementos de una implantación BIM	45
3.3 Fases de un plan de implantación BIM	53
4. FASES DE UN PROYECTO	59
4.1 Introducción a la licitación pública, Inclusión de requisitos BIM	60
4.2 Fases de las licitaciones vs. Relación con usos BIM y documentos asociados	67
5. EVALUACIÓN DE NECESIDADES Y DEFINICIÓN DE REQUISITOS. OBJETIVOS Y USOS BIM	77
5.1 De las necesidades a los requisitos	78
5.2 De los objetivos a los usos BIM	80
5.3 Caracterización de usos BIM	81
5.4 Tipología de usos BIM	82
5.5 Integralidad en la gestión basada en usos BIM	84
5.6 De los usos "OPENBIM"	85
5.7 Usos BIM aplicables al sector de la construcción	86

6. ETAPA DE LICITACIÓN. PLIEGO DE REQUISITOS	103
6.1 Introducción BIM en etapa de licitación	104
6.2 Requisitos de información del cliente (EIR)	106
6.3 Requerimientos de licitación BIM	126
6.4 Requisitos y solvencias de las empresas	131
6.5 Requisitos y solvencias del equipo/personas y perfiles	133
6.6 Plan de ejecución BIM	139
7. PLANIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN	137
7.1 Plan de ejecución BIM	138
7.2 Estructura de la información	140
7.3 Organización de la información	144
7.4 Entregables y formatos	148
7.5 Base documental adicional	152
8. PRODUCCIÓN COLABORATIVA DE INFORMACIÓN Y CDE	153
8.1 Gestión de modelos de información	154
8.2 Trabajo colaborativo	155
8.3 Entorno Común de Datos (CDE)	156
8.4 Aplicación a proyectos	161
8.5 Base documental adicional	162
9. ENTREGA DE LA INFORMACIÓN: REQUISITOS DE ENTRADA Y FORMATOS	163
9.1 Elementos entregables y formatos	164
9.2 Requerimientos de información no gráfica	171
10. ANÁLISIS DE UN CASO REAL. EJEMPLO DE LICITACIÓN DE CONTRATOS	173
10.1 Requerimientos BIM en licitación. Caso real	174
10.2 PEB pre-contractual. Caso real	184

INTRODUCCIÓN

La Administración General del Estado, comprometida con la implantación de la metodología *Building Information Modeling* - en adelante BIM - en la contratación pública en el sector de la Ingeniería Civil y como continuación a las acciones emprendidas en 2018 para la promoción del uso del BIM en el ámbito profesional, regula la concesión directa de subvenciones a diversos colegios profesionales que permita la financiación de actividades formativas en esta metodología colaborativa durante el ejercicio presupuestario 2019 y a través del Real Decreto 472/2019, de 2 de agosto.

Debido al impulso estratégico del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana para alcanzar una formación en BIM similar, cuantitativa y cualitativamente para todos los profesionales, se ha considerado al Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas (CITOP) como organismo idóneo para garantizar la coordinación y extensión a todo el territorio nacional. De esta iniciativa surge la necesidad de redactar la presente guía como elemento común de transmisión de conocimiento. Este documento pretende ser un instrumento de cambio en la mentalidad de los profesionales que ejercen en el sector de la construcción.

Actualmente, existe en España un grado de madurez heterogéneo en cuanto al uso de BIM entre disciplinas, empresas, administraciones y otras partes interesadas. Esto se une al hecho de que la metodología tiene un nivel de implementación mayor en el ámbito de la edificación frente a la Ingeniería Civil. La casuística de este desequilibrio es variada, por lo que supone un gran desafío, entre ellos el vacío actual de estándares o referencias.

CITOP, consciente de los puntos débiles, aborda la formación de profesionales en el ámbito de la licitación y de la contratación de obras públicas con requisitos BIM aportando una guía que sirva de apoyo e impulso.

Ésta trata de ser un documento didáctico y eminentemente práctico que permite asentar las bases en los procesos de licitación con requisitos BIM de manera adecuada, progresiva y asumible para todos los agentes implicados en el sector. Por tanto, esta guía tiene un objetivo doble:

- Abordar con coherencia y de forma planificada la redacción de un pliego con requisitos BIM para la contratación de algún servicio de obra pública.
- Abordar con eficacia la licitación de un contrato de obra pública, cumpliendo los requisitos BIM establecidos por la administración/cliente y proponer acciones de mejora.

Estructura de la guía:

1. Estado Actual.
2. Marco Normativo BIM.
3. Estrategia de Implantación BIM. Visión de una Organización.
4. Fases de un Contrato.
5. Evaluación de Necesidades y Definición de Requisitos.
Objetivos y Usos BIM.
6. Etapa de Licitación. Pliego de requisitos BIM.
7. Planificación de la Información.
8. Producción Colaborativa de la Información y CDE.
9. Entrega de la Información. Requisitos de entrada y Formatos.
10. Análisis de un Caso Real. Ejemplo de Licitación de Contratos.

ESTADO ACTUAL DE BIM

- 1.1. BIM como vector de cambio.
- 1.2. Conceptos básicos.
- 1.3. Situación BIM a nivel internacional.
- 1.4. Situación BIM a nivel nacional.
- 1.5. BIM en la obra pública española.

1.1. BIM COMO VECTOR DE CAMBIO

La construcción ha sido tradicionalmente un sector poco innovador, relativamente impermeable a los cambios o transformaciones. Se ha diferenciado así de otros sectores industriales, capaces de integrar avances tecnológicos que les han permitido lograr mejores índices de calidad y productividad. A pesar de la importancia económica y social que la construcción tiene, sigue siendo la industria con menores índices de competitividad y productividad.

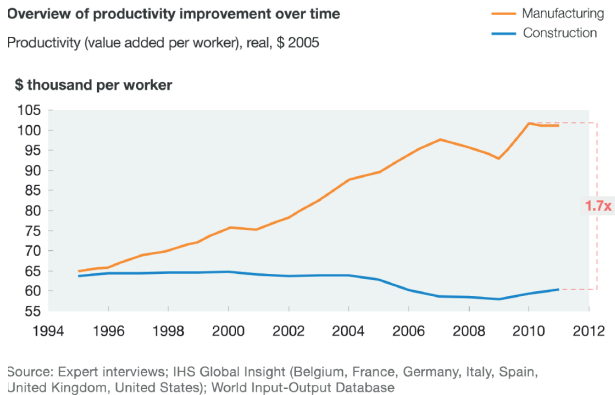


Figura 1: Productividad en la construcción.¹

Uno de los motivos de la falta de productividad es la propia naturaleza del sector, basado en proyectos, y donde la metodología tradicional y el proceso constructivo dificulta la industrialización, la automatización o la utilización de sistemas de trabajo colaborativos. Esto se une a una mano de obra con escasa cualificación y una rigidez de los sistemas de contratación, entre otros factores. Por tanto, la construcción tiene ante sí el reto de la modernización y de la industrialización. Desde el Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas, apostamos por **BIM** como uno de los **vectores de cambio** que ayude de manera transversal a conseguir esta transformación, tanto por su componente tecnológico como metodológico. De esta forma, se dará el salto cualitativo que requiere el sector, abarcando el ciclo completo de los proyectos y permitiendo la integración y la colaboración de todos los agentes implicados en el proceso.

¹ Fuente: *The Construction Productivity Imperativ. 2015. McKinsey&Company.*

1.2. CONCEPTOS BÁSICOS

En las primeras incursiones en el mundo BIM, uno se da cuenta de que se utilizan de modo recurrente una serie de términos que, a fuerza de su repetición, se consideran importantes. Es objeto de esta guía que el usuario sea capaz de entender cada uno de estos conceptos y aprender los aspectos clave de BIM en los procesos de licitación pública. Pero debe quedar claro, como en todos los ámbitos: solo la experiencia podrá garantizar una correcta comprensión de los mismos.

En este apartado, se van a desarrollar una serie de definiciones que pueden ayudar a comprender la guía. Se trata de un buen punto de partida para todas aquellas personas que están despegando en este apasionante cambio tecnológico y metodológico.

■ **BIM.** Es el acrónimo de *Building Information Modeling* en referencia al “Modelado de Información de la Construcción”, considerando el concepto construcción aplicado tanto a edificios como a infraestructuras. BIM es una metodología de trabajo colaborativa que documenta todo el ciclo de vida de las infraestructuras. Éste hace uso de herramientas informáticas con el fin de gestionar un repositorio único de información útil para todos los agentes que participan en él.

■ **DIMENSIONES DEL BIM.** BIM permite analizar un proyecto desde diferentes puntos y/o etapas en las que se encuentra el proyecto. Es común referirse a ellas como dimensiones. A nivel internacional, están afianzadas cinco dimensiones denominadas 3D, 4D, 5D, 6D Y 7D.

- 3D. El modelo tridimensional.
- 4D. El tiempo.
- 5D. El coste.
- 6D. La sostenibilidad.
- 7D. La gestión del ciclo de vida.

■ **USOS DEL BIM.** La decisión de implantar BIM en un proyecto siempre debe ir relacionada a la decisión de realizar un tipo de implementación que permita dar respuesta a un requisito específico (los usos). En definitiva, ¿para qué queremos utilizar BIM en el proyecto?

■ **PEB (BEP)**. Plan de Ejecución BIM o BIM Execution Plan. Documento que define de forma global los detalles de implementación de la metodología BIM a través de todas las fases de un proyecto, definiendo entre otros aspectos, el alcance de la implementación, los procesos y las tareas BIM, los intercambios de información, la infraestructura necesaria, los roles y las responsabilidades, los usos BIM, etc.

■ **LOD** o Niveles de Información. Describe con detalle la información que debe ser requerida para cada objeto del modelo en cada fase del proyecto. Existen varias clasificaciones del LOD. Una de las referencias más habituales es BIMFORUM, que define para cinco niveles de información (100/200/300/400/500) el grado de detalle geométrico, así como los atributos necesarios para cada elemento.

■ **CDE**. Common Data Environment o Entorno Común de Datos es un contenedor de información único donde se comparte la información de una manera coordinada entre todos los miembros de un equipo.

■ **ROLES**. Papel desempeñado por un individuo dentro de una organización que implica la generación, modificación o administración de modelos BIM. En la gestión de un proyecto BIM, los roles no son cargos en la empresa, sino funciones y responsabilidades asignados en el equipo de trabajo.

1.3. SITUACIÓN BIM A NIVEL INTERNACIONAL

1.3.1. ANTECEDENTES

El *Building Information Modeling* se está implantando de forma generalizada en todo el mundo. EL concepto BIM tal y como lo conocemos actualmente hace referencia a una metodología de trabajo colaborativa para la gestión de proyectos, tanto de edificación como de obra civil, a través de un modelo digital. Éste funciona como una gran base de datos de información gráfica y no-gráfica, sobre el que participan todos los agentes implicados desde que nace la idea objeto del proyecto hasta que finaliza su vida útil.

Ya en los años 80, se buscaba tener una representación digital del edificio enlazada con diferentes bases de datos y apoyada en el concepto VDC (Virtual Design Construction). Fue en los años 90 cuando se acuñó el término BIM y, desde entonces, el sector de la construcción ha trabajado en aquello que esta metodología plantea.

En 1994, se crea BuildingSMART, una asociación sin ánimo de lucro que ya vislumbra los problemas de comunicación e ineficiencia en el sector. Estos obstáculos derivan de la alta fragmentación del mismo y de la participación en cada proyecto de profesionales de diferentes disciplinas que hacen, a su vez, uso de aplicaciones distintas. Ante esta mecánica de trabajo, es necesario volver a introducir la misma información en cada una de las herramientas. Por esto, buildingSMART tiene como objetivo principal fomentar la eficacia en el sector de la construcción a través del uso de estándares abiertos de interoperabilidad sobre BIM. La meta es alcanzar nuevos niveles en reducción de costes, en tiempos de ejecución y en calidad.

En los últimos años, todos los actores han realizado una apuesta significativa por el uso de BIM:

- El sector público ha puesto en marcha diferentes estrategias para promover e implementar el uso de BIM, especialmente como cliente.
- El sector AEC, presente en los comités de normalización sobre BIM, ha creado un marco normativo internacional sobre la gestión, el uso, el intercambio y la entrega de información durante todo el ciclo de vida.
- Las empresas tecnológicas están mejorando las capacidades de las herramientas BIM, promoviendo la conectividad entre ellas y el uso de las redes de comunicaciones.
- A continuación, se describe brevemente el grado de nivel de madurez de BIM a nivel internacional.

1.3.2. EUROPA

Los países nórdicos (Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia), fueron los primeros, a principios del siglo XXI, en los que se introdujo la necesidad de integrar en un único contenedor digital toda la información de un proyecto constructivo.

Posteriormente, Reino Unido pone en marcha, en el año 2011, una estrategia en la que se anunciaba un Mandato BIM en proyectos públicos a partir de abril de 2016 en el denominado BIM Level 2 (figura 1). Esto, unido a la creación de un marco normativo nacional para el uso de BIM a través de la serie de normas PAS 1192, permite que en poco tiempo el nivel de madurez de BIM en Reino Unido alcance los niveles de los países nórdicos.

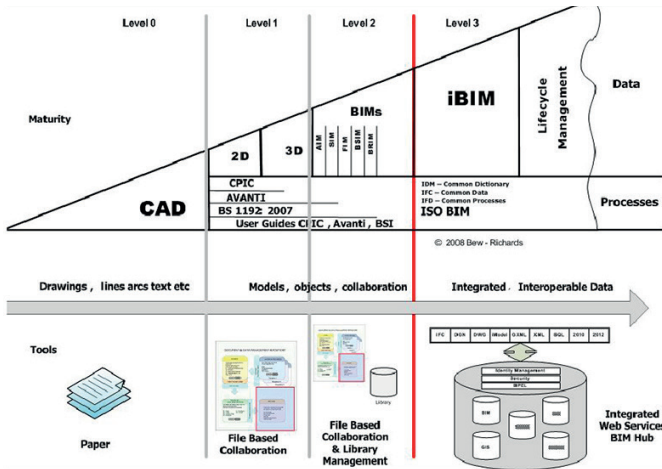


Figura 1: Niveles de Madurez Reino Unido.²

La Unión Europea se hace eco de estas iniciativas en la Directiva Europea sobre Contratación Pública 2014/24/UE. Ésta, en el artículo 22, indica lo siguiente:

Para contratos públicos de obra y concursos de proyectos, los Estados miembros podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, como herramientas de diseño electrónico de edificios o herramientas similares.

Esta directiva, que se traspone a nivel nacional, permite que los organismos públicos requieran el uso de BIM.

Posteriormente, otros países europeos se ponen en marcha estrategias similares, tras lo que se crea un grupo de coordinación de las mismas, EU BIM Task Group, que publica el Manual para la Introducción de la Metodología BIM por parte del Sector Público Europeo.

² Bew y Richards



Figura 2: Manual para la Introducción de la Metodología BIM por parte del Sector Público Europeo.

En la actualidad, diferentes países de la Unión Europea han anunciado un Mandato BIM, que obliga el uso de la metodología a partir de una determinada fecha, como es el caso de Alemania o Italia.

1.3.3.ESTADOS UNIDOS

Se trata de uno de los países pioneros en el uso de BIM y en el que, por ejemplo, la Administración de Servicios Generales (GSA) exige su uso desde 2006.

Son muchas las guías publicadas en Estados Unidos que son utilizadas actualmente como referencia en el resto del mundo:

- Guía del Plan de Ejecución BIM (BEP) de la Universidad de Pennsylvania.
- La Definición de los Level of Development (LOD) de la Asociación BIMFORUM.
- Formato de Datos COBie (Construcion Operation Building Information Exchange), desarrollado por la armada y que contiene información sobre el activo para la fase de operación y mantenimiento.

1.3.4.LATINOAMÉRICA

El nivel de madurez de BIM en Latinoamérica es muy heterogéneo, pero cabe destacar que, de forma similar a Europa, se ha creado una Red BIM de gobiernos que pretende alinear las diferentes estrategias nacionales.

Entre estas iniciativas, cabe destacar la de Chile. A través del denominado PlanBIM, Chile ha anunciado el uso de BIM en proyectos públicos de cierto tamaño a partir de 2020. A través de este plan, además, se están desarrollando estándares y acciones formativas.

Otros países que están desarrollando una estrategia BIM son México, Perú y Argentina.

1.4. SITUACIÓN BIM A NIVEL NACIONAL

En España, el uso de BIM comienza a partir del año 2010, cuando las grandes empresas del sector (constructoras e ingenierías) deben utilizarlo en grandes proyectos internacionales, especialmente en países de Oriente Medio, Estados Unidos y países nórdicos.

Al igual que ocurre en otros países de la Unión Europea, a raíz de la Directiva de Contratación Pública y de la aparición de estrategias gubernamentales para la implementación de BIM, es cuando los principales actores nacionales comienzan una serie de iniciativas que promueven la implementación de la metodología. En la actualidad, BIM se ha convertido en una realidad y son varios los indicadores que reflejan el creciente uso de dicha metodología:

- Licitaciones públicas con requisitos BIM.
- Normas y guías BIM.
- Oferta formativa relacionada con BIM, tanto de procesos como de uso de herramientas.
- Ofertas de empleo para profesionales con capacidades BIM.
- Congresos y publicaciones de referencia.

1.4.1. ORGANISMOS PÚBLICOS

A nivel nacional, el Ministerio de Fomento, en el año 2015, constituye la Comisión esBIM, participada por representantes de organizaciones públicas y privadas. Ésta promueve el uso de BIM a través de la publicación de una serie de guías y de documentos divulgativos.

Durante este periodo, se publica la Ley de Contratos del Sector Público, que, como se verá posteriormente, introduce la posibilidad de que los organismos públicos requieran el uso de BIM en proyectos y obras, aunque no de forma obligatoria.

Posteriormente, en 2019 y también desde el Ministerio de Fomento, se constituye la Comisión Interministerial para la Incorporación de la Metodología BIM en la Contratación Pública.

Alineado a esto, algunos organismos públicos como ADIF, AENA, RENFE o Correos están llevando a cabo su propia implementación BIM.

A nivel regional, cabe destacar las iniciativas puestas en marcha en Cataluña, lideradas por el Govern de la Generalitat. El gobierno pone en marcha un mandato por el que BIM pasa a ser obligatorio desde el 11 de junio de 2019 en proyectos y obras de cierto tamaño.

1.4.2. EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

El sector privado considera, en general, que BIM es una oportunidad de transformación y digitalización. Pero al mismo tiempo, es consciente de las barreras que supone su implementación, en cuanto a la inversión tecnológica, a la formación de los profesionales y, principalmente, al cambio cultural que supone.

Por ello, desde el sector privado se promueve el desarrollo de normas, guías y manuales que faciliten el uso de BIM, así como se insta a las administraciones públicas a que apoyen el reciclaje de los profesionales.

Tanto los colegios profesionales como las grandes asociaciones empresariales del sector promueven la realización de cursos formativos y jornadas divulgativas. Además, muchos profesionales se agrupan en torno a los denominados Grupos de Usuarios BIM, en los que se comparten experiencias y buenas prácticas.

Por otro lado, el sector promueve el desarrollo de normas a través del Comité Técnico de Normalización sobre BIM UNE-CT41/SC13.

Un hito significativo en este sentido es la publicación de las normas **UNE-EN ISO 19650 Partes 1 y 2**: "Organización y Digitalización de la Información en Obras de Edificación e Ingeniería Civil que Utilizan BIM (*Building Information Modeling*). Gestión de la Información al Utilizar BIM (*Building Information Modeling*)".

Estas normas, de ámbito internacional, definen los procesos de producción, gestión, uso y entrega de la información en un proyecto u obra en el que se utiliza BIM.

Cabe destacar también la labor de buildingSMART Spain, asociación sin ánimo de lucro y participada por los principales agentes del sector, que desarrolla diferentes acciones para aumentar el nivel de madurez BIM, como es la publicación de guías y diferentes documentos divulgativos.

1.5. BIM EN LA OBRA PÚBLICA ESPAÑOLA

1.5.1. IMPLANTACIÓN BIM EN ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

Todo este contexto ha llevado a que algunas empresas públicas españolas acometieran el proceso de implantación en sus organizaciones. Es importante destacar que, no solo deben incorporar nuevas tecnologías a su trabajo, sino que es un cambio de metodología que afecta a sus actuales sistemas de gestión. Por ello, deben quedar bien definidos los objetivos que se pretenden alcanzar en este proceso de transformación.

Ejemplos de entidades que se encuentran o han realizado procesos de implantación BIM en España son:



Figura 3: Entidades que han implantado metodología BIM.

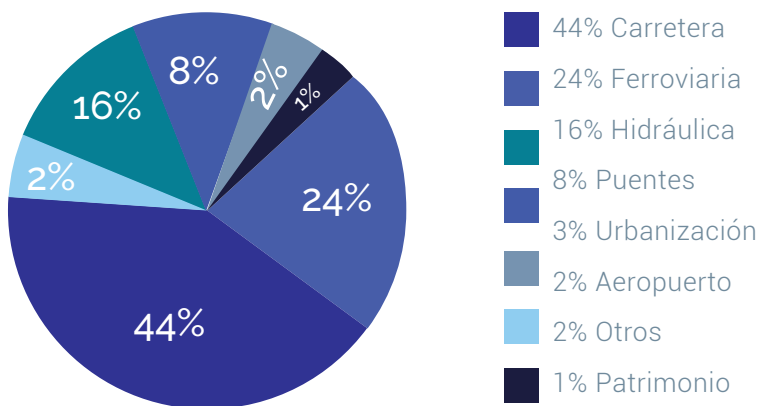
1.5.2.LICITACIONES PÚBLICAS CON REQUISITOS BIM

En 2017, la Comisión esBIM 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. Hasta la fecha de hoy, se han detectado 661 licitaciones que incluyen algún requisito BIM y se reparten de la siguiente forma:

TIPO DE PROYECTO	2017	2018	2019	TOTAL
EDIFICACIÓN	93	154	224	471
INFRAESTRUCTURAS	13	62	186	261
TOTAL	106	216	410	732

Los datos recogidos en la siguiente tabla pertenecen a los informes del Observatorio BIM para los años 2017 y 2018, mientras que los de 2019 pertenecen a buildingSmart.

Según datos facilitados por buildingSMART y discretizando por tipo de infraestructura para 2019, obtenemos el siguiente gráfico:



2

MARCO NORMATIVO BIM

2.1. Legislación vigente en España relacionada con BIM.

2.2. Normas y guías BIM.

Es conocido que la metodología BIM es utilizada cada vez más en proyectos y obras, siendo en muchos de los casos un requisito del propio cliente.

En este capítulo, vamos a analizar la legislación vigente en España relacionada con BIM, así como el conjunto de normas y guías que existen en la actualidad y que pueden ser utilizadas por cualquier cliente, público o privado, como elemento de apoyo para la contratación o ejecución de un proyecto u obra mediante la metodología BIM.

2.1.LEGISLACIÓN VIGENTE EN ESPAÑA RELACIONADA CON BIM

Son muchos los países de la Unión Europea (incluida España) que han puesto en marcha una estrategia de implantación de BIM a nivel nacional, promoviendo la demanda del uso de esta herramienta en proyectos públicos.

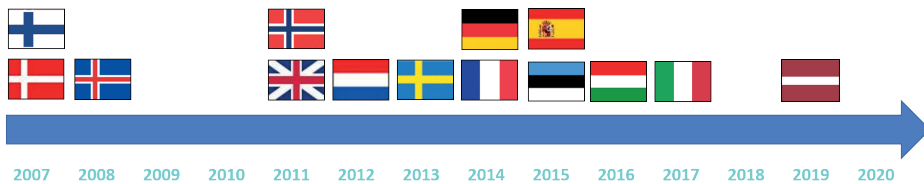


Figura 1. Puesta en marcha de estrategias de implementación BIM en países europeos³.

Además, algunos de estos países han impuesto el uso de BIM de forma obligatoria en obra pública, habiendo introducido el concepto de Mandato BIM, considerando que, al margen de los propios beneficios derivados del uso de la metodología, dicho Mandato ejercería un efecto tractor para todo el sector.

En el caso de España, en 2015, el Ministerio de Fomento creó la comisión esBIM⁴ compuesta por diferentes agentes y organizaciones pertenecientes

³ BuildingSMART Spain



tanto al sector público como al privado (ministerios, empresas públicas, colegios profesionales, asociaciones empresariales, etc.), y entre cuyos objetivos cabe destacar los siguientes:

- Establecimiento de la estrategia para alcanzar un determinado nivel de madurez BIM, que se irá incrementando de forma progresiva.
- Promover el uso de BIM en el ámbito profesional y docente.
- Establecimiento de la hoja de ruta y el calendario de implantación.

Este último objetivo supuso el anuncio, a modo de declaración de intenciones, de incorporar BIM como un requisito obligatorio en obra pública en edificación al finalizar el año 2018 y en infraestructuras un año más tarde.

Sin embargo, este anuncio no se materializó en ningún cambio legislativo a nivel estatal hasta finales de 2018. En ese momento, el Consejo de Ministros del Gobierno de España aprobó un Real Decreto⁵ por el que se crea la Comisión Interministerial para la Incorporación de la Metodología BIM (*Building Information Modeling o Modelado de Información para la Construcción*) en la contratación pública de la Administración General del Estado y sus organismos dependientes, con la naturaleza de órgano administrativo de carácter colegiado, regulando sus funciones, composición y reglas de funcionamiento.

2.1.1.LEY DE CONTRATOS DEL SECTOR PÚBLICO 9/2017

Cabe tener en cuenta que proyectos, obras y servicios relacionados se ven afectados en su desarrollo por diferentes leyes, como, por ejemplo:

- Regulación de las Atribuciones Profesionales de Arquitectos e Ingenieros Técnicos, Ley 12/1986 y posterior modificación en la Ley 33/1992.
- Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), Ley 38/1999.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), Real Decreto 314/216 y su posterior modificación en el Real Decreto 732/2019.

⁴ <https://www.esbim.es>

⁵ https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-1368

Sin embargo, en ninguna de estas leyes o decretos se hace mención a BIM.

De hecho, la primera introducción de BIM en la legislación tiene lugar en la **Directiva Europea 2014/24/UE sobre Contratación Pública**. Esta directiva promueve la modernización y mejora de los procesos de contratación pública a través de los avances tecnológicos, al tiempo que introduce como posible criterio de adjudicación el coste económico y medioambiental del edificio o de la infraestructura.

Esta directiva se traspone en España a través de la **Ley de Contratos del Sector Público 9/2017**, la cual regula el procedimiento administrativo mediante el que un organismo público desarrolla un proceso de contratación de diferente naturaleza u objeto, como por ejemplo las obras, concursos de proyectos o servicios relacionados (dirección de obra, coordinación de seguridad y salud, control de calidad, etc.).

En el apartado 6 de la disposición adicional decimoquinta de esta ley, titulada «Normas relativas a los medios de comunicación utilizables en los procedimientos regulados en esta ley», se indica que "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."

Por tanto, la Ley de Contratos del Sector Público 9/2017 **permite pero no obliga** a los organismos públicos requerir el uso de la metodología BIM en licitaciones públicas mediante su inclusión en el propio pliego de una de las siguientes formas:

- Como exigencia dentro de la solvencia técnica.
- Como requisito de valoración de la oferta.
- Como prestación adicional o extraordinaria.

Cabe señalar que el uso de BIM está alineado con algunos de los aspectos de los criterios de adjudicación de los contratos indicados por la Ley:

- Los criterios de calidad deben representar al menos un 51% de la puntuación en la valoración de las ofertas.
- Los contratos se podrán adjudicar con arreglo a la mejor relación coste-eficacia, como el cálculo del coste del ciclo de vida.



2.1.2.DECRETO DEL GOVERN DE CATALUNYA DE 11 DICIEMBRE DE 2018

Cabe tener en cuenta que cualquier contratación pública debe cumplir la legislación vigente, pudiendo ser esta de rango estatal, autonómica y local.

En mayo de 2016, la Generalitat de Catalunya crea la Comisión Interdepartamental para la Implementación BIM en la obra pública.

Casi tres años después, Cataluña se convierte en la primera región de España en la que BIM es obligatorio para proyectos y obras de un determinado tamaño.

Esta obligatoriedad viene determinada por el Decreto del Govern de Catalunya de 11 de diciembre de 2018, el cual pretende mejorar e incrementar la calidad en el proceso constructivo y, en última instancia, en los edificios y obras públicas que promueve la Administración de la Generalitat de Catalunya y su sector público, mejorando la eficiencia en el uso de los recursos.

A pesar de la experiencia acumulada desde 2013 por diferentes organismos públicos catalanes, como Infraestructuras de la Generalitat de Catalunya o el Área Metropolitana de Barcelona (AMB), la Generalitat decide dar una moratoria de 6 meses para la entrada en vigor del decreto, siendo BIM obligatorio **desde el 11 de junio de 2019 para aquellos contratos con un presupuesto mínimo de 5,5 millones de euros, para las obras y concesiones de obras públicas, y de 221.000 euros para los contratos de suministro y de servicios.**

Además, el decreto contiene una serie de aspectos de gran relevancia:

- Respecto al modo de requerir el uso de BIM, el acuerdo indica que “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, o bien como condición de ejecución en los pliegos de cláusulas administrativas particulares”.
- Los umbrales mínimos podrán no ser tenidos en cuenta “si el correspondiente órgano de contratación lo considera pertinente, entre otros supuestos cuando por la singularidad de las obras la utilización de la metodología BIM pueda generar mayores rendimientos.” Al tiempo que se anticipa que “a partir de enero de 2021 se ampliará el ámbito de aplicación”.

- Para favorecer la no discriminación de los licitadores en función de las herramientas SW que utilicen, se insta a utilizar el formato abierto IFC como formato de entrega del modelo BIM.
- Con el objetivo de disponer de una base de datos de geoinformación de Cataluña actualizada, se deberá entregar una copia de los modelos BIM as-built al Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (ICGC).

Finalmente, cabe decir que este decreto está acompañado por dos acciones que facilitan la ejecución del mismo.

En primer lugar, existe un compromiso claro por parte de la Generalitat de Catalunya por Implementar BIM en los organismos públicos de Catalunya. Para facilitar esta implementación, la Generalitat, con la colaboración del Instituto de Tecnología de la Construcción, ITeC, publica el Libro Blanco sobre la Definición **Estratégica de la Implementación del BIM en la Generalitat de Catalunya.**



Figura 2. Libro Blanco sobre la Definición Estratégica de la Implementación del BIM en la Generalitat de Catalunya.

Este Libro Blanco define una serie de objetivos que deben ser alcanzados por la administración en diferentes áreas temáticas a través de la puesta en marcha de una batería de acciones a llevar a cabo en diferentes ámbitos: Institucional, Difusión y Sensibilización Interna, Formación, Legislación, Técnico, Procesos y Efecto Tractor.



En segundo lugar y para facilitar la inclusión de requerimientos BIM en licitaciones públicas, la Generalitat ha publicado una Guía BIM y un Manual de BIM que sirven de referencia. Estos documentos se verán con mayor detalle en el apartado de Normas y Guías.

2.1.3. ORGANISMOS PÚBLICOS QUE REQUIEREN O VALORAN EL USO DE BIM

A pesar de que BIM no sea obligatorio en España (a excepción de Cataluña), cada vez son más los organismos públicos de cualquier ámbito (nacional, autonómico o local) que han decidido requerir el uso de BIM en sus proyectos y obras, ya sea como exigencia o como elemento valorable en la oferta.

Entre estos organismos cabe destacar aquellos que, además, han iniciado un proceso interno de implementación de BIM, como es el caso de ADIF, AENA, Renfe, Correos, Puertos del Estado o Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana.

Esto se refleja en el aumento creciente de licitaciones públicas con requisitos BIM, alcanzando la cifra de 351 al finalizar 2019, lo que supone un crecimiento superior al 70% respecto al año anterior, según datos facilitados por buildingSMART Spain y el Observatorio de Licitaciones Públicas de esBIM.

2.2. NORMAS Y GUÍAS BIM

Como hemos visto, la legislación actual está centrada en los procesos de contratación pública, permitiendo requerir el uso de la metodología BIM, pero sin detallar las especificaciones técnicas necesarias para ello.

Estas especificaciones están definidas en normas o guías específicas, de modo que permite tener una base común entre todos los agentes para el desarrollo de proyectos y obras mediante el uso de BIM.

Además, son varios los organismos que instan a la industria a la adopción de normas o estándares globales, como el World Economic Forum⁶ (2018). Destaca como uno de los pilares necesarios para la implementación del BIM la existencia de estándares globales para la generación y compartición de datos, recomendando el desarrollo de normas que mejoren la eficiencia e interoperabilidad y desarrolladas desde los mismos sectores.

⁶ World Economic Forum (2018), *An Action Plan to Accelerate Building Information Modeling (BIM) Adoption*

2.2.1. NORMALIZACIÓN

La normalización o estandarización tiene como objeto la elaboración de una serie de especificaciones técnicas que son utilizadas de modo voluntario.

En función del alcance de estas especificaciones técnicas, podemos distinguir (ver figura 3) entre:

- Aquellas definidas por una organización para uso propio y que se disponen a través de guías, manuales, libros de estilo, etc. Estos documentos pueden ser desarrollados en un breve espacio de tiempo pero su alcance es limitado al tratarse de una propuesta realizada por una única organización.
- Aquellas definidas por todas las partes interesadas, generando de este modo normas o estándares que son elaborados por los organismos de normalización, de ámbito nacional (UNE) o internacional (CEN o ISO). Al ser necesario alcanzar un consenso entre las partes, el tiempo de desarrollo de una norma suele ser bastante largo, pero por otro lado su alcance es mayor que el de, por ejemplo, una Guía o Manual.

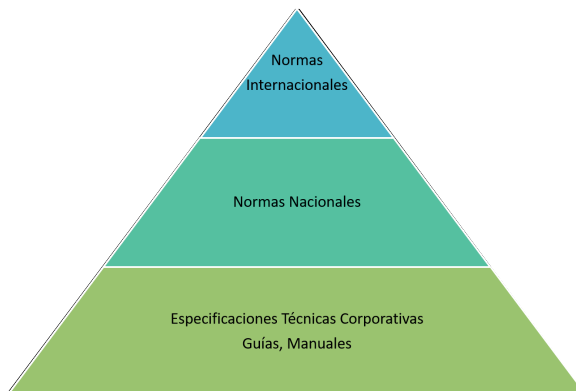


Figura 3. Pirámide de Especificaciones Técnicas según su alcance.

Cuando hablamos de utilizar la metodología BIM, son tres los ámbitos que deben ser estandarizados para cada proyecto:

- **Los Procesos de Producción, Uso y Gestión de la Información**, incluyendo la definición de requisitos de información y la generación de los entregables derivados del Modelo.

- **Las Especificaciones de los Modelos de Información**, es decir, cómo se va a estructurar y organizar la información contenida en el Modelo. En este ámbito, se hace referencia al tipo de información que debe contener el Modelo, la terminología a utilizar, el nivel de información gráfica y no gráfica, el sistema de clasificación a emplear o cómo se va a organizar dicha información en el Modelo.

- **Los Formatos para Intercambio de Información**, entre agentes y entre aplicaciones SW (software).

En la actualidad, para cada uno de estos ámbitos existen diferentes normas o guías, tal y como vamos a ver a continuación.

2.2.2. NORMAS BIM

Como se ha comentado anteriormente, las normas o estándares son desarrollados por las partes interesadas a través de los organismos de normalización y de sus comités técnicos.

El uso de BIM basado en normas o estándares abiertos recibe el nombre de OpenBIM.

En materia de BIM, los principales comités técnicos de normalización existentes son:

- **Ámbito internacional:** ISO/TC 59/SC 16, Organization and Digitization of Information About Buildings and Civil Engineering Works, including Building Information Modeling (BIM).
- **Ámbito europeo:** CEN/TC 442, *Building Information Modeling*.
- **Ámbito nacional:** CTN 41/SC 13, Organización de Modelos de Información Relativos a la Edificación y la Obra Civil.

Estos comités están alienados y coordinados, de forma que las normas desarrolladas en el ámbito internacional suelen ser traspuestas posteriormente al ámbito nacional.

Un ejemplo de esto son las dos principales normas españolas sobre BIM: UNE-EN ISO 19650 y UNE-EN ISO 16739.

UNE-EN ISO 19650:2019

En el ámbito de los procesos de producción, uso y gestión de la información, destaca la serie de normas **UNE-EN ISO 19650:2019**, Organización y Digitalización de la Información en Obras de Edificación e Ingeniería Civil que utilizan BIM (*Building Information Modeling*). Gestión de la Información al Utilizar BIM.

Este conjunto de normas define los procesos de definición de requisitos, producción, gestión, uso y entrega de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un edificio o infraestructura.

- UNE-EN ISO 19650:2019, Parte 1. Conceptos y principios.
- UNE-EN ISO 19650:2019, Parte 2. Fase de desarrollos de los activos.
- PNE-prEN ISO 19650, Parte 3. Fase operativa de los activos (pendiente de publicación).
- PNE-prEN ISO 19650, Parte 5. Enfoque de seguridad para la gestión de la información (pendiente de publicación).

Como complemento a esto, en la actualidad se está elaborando un informe técnico de cómo implementar la serie de normas ISO 19650 en Europa.

Es importante ahondar en el contenido de la norma UNE-EN ISO 19650:2019 Parte 2, puesto que en ella se recoge el marco para el uso de la metodología BIM durante las fases de Diseño y Construcción, y en la que el esquema general de desarrollo de la información a seguir está compuesto por una serie de actividades tal y como se observa en la figura 4.

Gestión de la información durante la fase de desarrollo del activo según ISO 19650.2

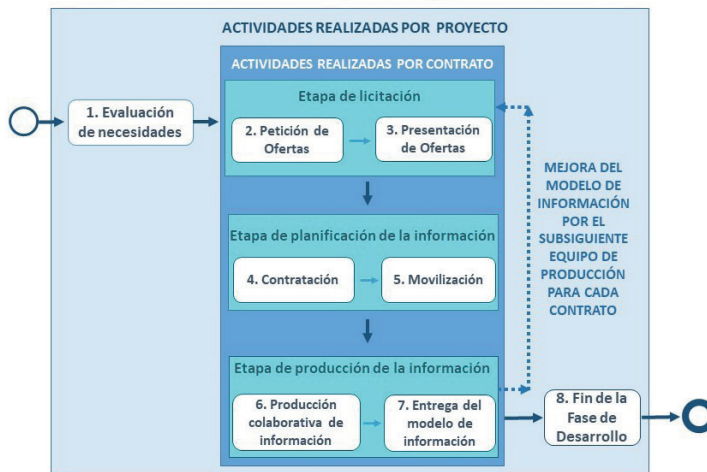


Figura 4. Esquema general del desarrollo de información según EN-ISO 19650-2.

En el marco de estas normas, se definen también algunos conceptos muy importantes que deben ser tenidos en cuenta en cada una de estas actividades, tales como:

- **Requisitos de Información.** Son un conjunto de especificaciones sobre la información que debe producirse, cuándo debe producirse, su método de producción y su destinatario (apartado 6.2 de esta guía)
- **Plan de Ejecución BIM, PEB.** Plan en el que se describe cómo el equipo de desarrollo llevará a cabo los diferentes aspectos relacionados con la gestión de la información, incluyendo las especificaciones de los Modelos de Información y los formatos de entrega (apartado 7.4 de esta guía)
- **Modelo de Información.** El Modelo de Información es un conjunto formado por información estructurada (modelos geométricos, propiedades y atributos, programaciones, etc.) e información no estructurada (documentos, imágenes, videoclips, etc.) que facilita la toma de decisiones.
- **Entorno Común de Datos, CDE.** El CDE es la fuente acordada de información para cada activo o proyecto, para reunir, gestionar y repartir cada contenedor de información a través de un procedimiento establecido (apartado 8.3 de esta guía)

UNE-EN ISO 16739-2016

La norma UNE-EN ISO 16739-2016 describe el formato de datos IFC (Industry Foundation Classes), que ha sido diseñado por la asociación sin ánimo de lucro **buildingSMART**⁷.

IFC es un esquema de datos en el que se pueden definir los diferentes elementos que se generan a lo largo de todo el ciclo de vida de una edificación o infraestructura. Estos elementos, relacionados entre sí y dispuestos de forma jerárquica (figura 5), comprenden entidades con geometría o sin ella y se caracterizan por una serie de propiedades y atributos.

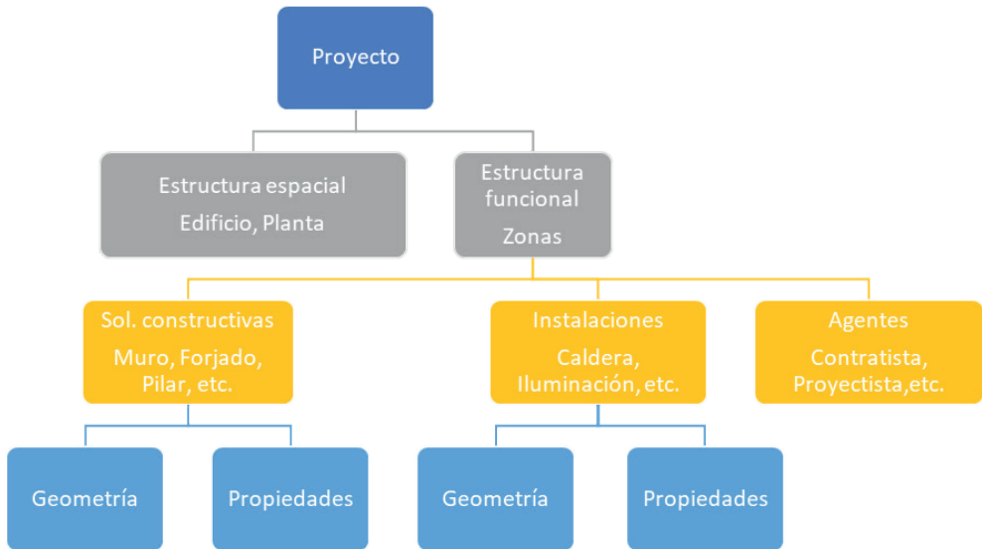


Figura 5. Esquema de datos según el formato IFC.

En la actualidad, la mayor parte de las herramientas BIM son capaces de importar y/o exportar ficheros IFC, lo que facilita la colaboración entre diferentes disciplinas.

⁷ <https://www.buildingsmart.es/>

Al mismo tiempo y dado el carácter de estándar que tiene el formato, cada vez son más los clientes que requieren como entregable el Modelo BIM en formato IFC, ya que de este modo están asegurándose el acceso a la información a lo largo del tiempo. Este hecho viene apoyado por la disposición en el mercado de una serie de herramientas (algunas de ellas gratuitas), denominadas visores IFC, que permiten visualizar el Modelo IFC y verificar la información contenida en el mismo, pudiendo incluso realizar mediciones sobre él.

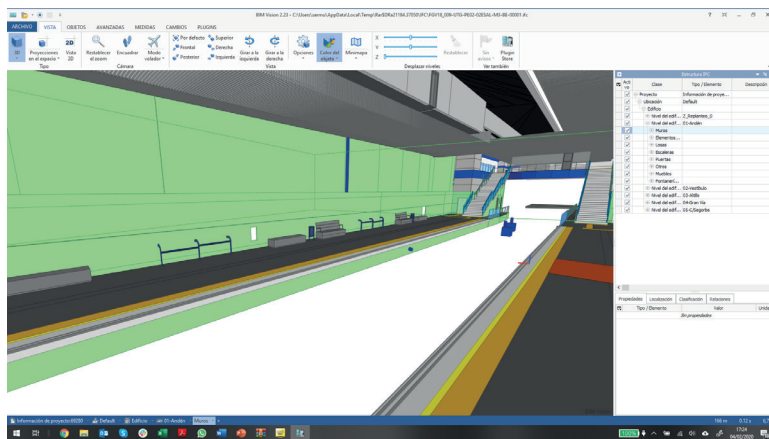


Figura 6. Estación de Metro en un visor IFC.

Es importante destacar que originalmente IFC fue desarrollado para el ámbito de la edificación y ha sido en los últimos años, desde la aparición de la versión IFC4, cuando se han incorporado al formato elementos propios de las infraestructuras. Actualmente, se está trabajando para que IFC pueda ser utilizado en proyectos de puentes, carreteras y ferrocarril.

2.2.3. GUÍAS Y MANUALES BIM

Anteriormente, se indicaba que uno de los aspectos que debe ser consensuado a la hora de llevar a cabo un proyecto BIM son las Especificaciones de los Modelos de Información, es decir, cómo se va a definir, estructurar y organizar la información contenida en el Modelo para dar respuesta a las necesidades de los diferentes agentes participantes.

Estas especificaciones hacen referencia al tipo de información que debe contener el Modelo, la terminología a utilizar, el nivel de información gráfica y no gráfica o el sistema de clasificación a emplear.

Algunas de las guías y manuales más interesantes son las siguientes:

■ GUÍAS PUBLICADAS POR LA COMISIÓN ESBIM

Desde la Comisión esBIM se han elaborado las siguientes Guías:

- **Guía para la Elaboración del Plan de Ejecución BIM.** Se trata de una guía que explica la necesidad de definir un Plan de Ejecución BIM, describiendo los diferentes apartados que lo conforman.
- **Guía de Uso de los Modelos para Gestión de Costes en Proyectos de Edificación.** En ella, se analiza el uso del modelo BIM para la gestión de costes en proyectos de edificación. La publicación establece una serie de requisitos del modelo desde el punto de vista de las mediciones y define los procedimientos para realizar su extracción, así como para llevar a cabo su trazabilidad.
- **Guía de Modelado de Arquitectura en Proyectos de Edificación.** En ella, se analizan aspectos a tener en cuenta a la hora de realizar el modelado arquitectónico en proyectos de edificación. La guía establece una serie de recomendaciones generales respecto a la escala, las unidades, la organización y la clasificación de la información, o el contenido mínimo del modelo en cada una de las fases del proyecto.

■ GUÍA Y MANUAL DE BIM DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA

Como se ha comentado anteriormente, para facilitar la inclusión de requerimientos BIM en licitaciones públicas, la Generalitat ha publicado⁸ una Guía BIM y un Manual de BIM, los cuales son referenciados en aquellos pliegos en los que se requiere BIM.

- La Guía BIM de la Generalitat de Catalunya. Es un documento que define el marco conceptual que contextualiza los objetivos que se quieren alcanzar aplicando la Metodología BIM en la Generalitat de Catalunya y su sector público vinculado.

⁸ http://territori.gencat.cat/es/01_departament/04_actuacions_i_obres/BIM/guia_manual_BIM/

- El Manual de BIM de la Generalitat de Catalunya. “Recoge los requisitos de los Modelos BIM que el equipo de actuación está obligado a generar, utilizar y entregar, durante la prestación de servicios relacionados con la redacción de proyectos, construcción de las obras, entrega y puesta en servicio y operación y mantenimiento de los edificios o infraestructuras construidas. Estos requisitos podrán variar en función del tipo y características de la actuación, así como de la fase de desarrollo o del contrato.”

En el Manual de BIM se definen los requisitos mínimos de información para cada objeto que compone el modelo mediante una tabla como la siguiente:

Código	Elementos a modelar	S/N	Modelo	Nivel de Detalle	Ut	Ref.	Comentarios
20	Sistema estructural						
20.10	Cimentación y contención del terreno	SI	EST				
20.10.10	Elementos superficiales	SI	EST				
20.10.10.20	Zapatas	SI	EST	G2	m ³		
20.10.10.20	Hormigón de limpieza	SI	EST	G1	m ²		
20.20	Estructura	SI	EST				

Tabla 1. Ejemplo de tabla de especificación del nivel de detalle de estructuras en una actuación.

■ ESPECIFICACIONES LOD BIMFORUM

Una de las referencias más habituales utilizadas en licitaciones BIM son las especificaciones sobre el Level of Development, LOD, que publica anualmente la asociación americana BIMForum. Esta guía describe con detalle la información que debe ser requerida para cada objeto del Modelo en cada fase del proyecto.

La guía define para cada nivel de información (100/200/300/350/400/500) el grado de detalle geométrico, así como los atributos necesarios para cada elemento.

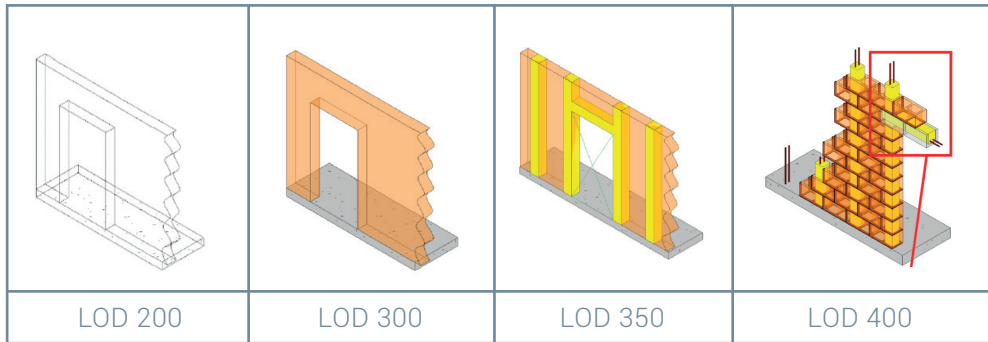


Figura 7. Definición de los LOD para un muro exterior.

■ GUÍAS PARTICULARES DE CLIENTES

Es lógico pensar que un cliente que promueva proyectos y actuaciones desarrolle su propia Guía BIM de aplicación en los mismos.

Algunas organizaciones que disponen de esta guía son, por ejemplo, Puertos del Estado, Infraestructuras de la Generalitat de Catalunya o el Área Metropolitana de Barcelona.

Además, otras organizaciones están desarrollando documentos similares, como ADIF, AENA, RENFE, Correos o ETS.

■ GUÍAS DE BUILDINGSMART SPAIN

BuildingSMART Spain, que publicó las Guías UBIM en 2014, ha publicado recientemente dos guías de especial interés y con un objetivo:

- Guía BIM para Promotores y Gestores de Activos.
- Guía BIM Aplicada al Patrimonio Cultural.

3

ESTRATEGIA DE UNA IMPLANTACIÓN BIM. VISIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

- 3.1. Visión desde la organización.
- 3.2. Elementos de una implantación BIM.
- 3.3. Fases de un plan de implantación BIM.

3.1. VISIÓN DESDE LA ORGANIZACIÓN

Según el World Economic Forum (2016)⁹, la participación del sector de la construcción en la economía global asciende al 6% del PIB y genera el 8,4% del empleo total mundial. Es la mayor consumidora de materias primas y los objetos construidos representan entre el 25% y el 40% de las emisiones totales de carbono a nivel global. A pesar de estos datos, la lentitud de los cambios en esta industria la diferencia de otros sectores industriales. Su productividad ha aumentado un 760% de crecimiento acumulado (entre 1947 y 2010), mientras que la construcción lo hizo en apenas un 6%.

Se calcula que, en 2025, las veinte ciudades más grandes del mundo, 75% de ellas en Asia, necesitarán 36 millones de unidades de vivienda nuevas. Además, en 2014 unos 330 millones de familias urbanas vivían en casas deficientes o tenían dificultades para afrontar el coste de la vivienda, cifra que en 2025 ascenderá a 440 millones.

La demanda creciente de infraestructuras ofrece una enorme oportunidad de redefinir el sector de la construcción y crear valor por medio de una acción concertada. Según una investigación del McKinsey Global Institute (2017)¹⁰, la industria puede aumentar la productividad hasta un 60% haciendo cambios en siete áreas clave: regulación, procesos de diseño, contratación, compras y gestión de cadenas de suministro, ejecución in situ, uso de nuevas tecnologías, materiales y automatización avanzada y capacitación del personal. Un aumento del 60% en la productividad generaría 1,6 billones de dólares más de producción anual y sumaría un 2% al PIB global. Estos avances bastarían para satisfacer la mitad de la necesidad mundial actual de infraestructuras.

En España, el sector de la construcción ha sido uno de los principales motores de la economía, sobre todo en la década de 1997-2007 (Fuentes, 2014)¹¹. La crisis económica y el pinchazo de la burbuja inmobiliaria hicieron que, a partir de esta fecha, la producción de este sector tuviera una caída muy pronunciada. A pesar de ser uno de los sectores más importantes, como muestran los datos a nivel global, y con una importante proyección debido al impacto que tiene en la economía, apenas ha innovado en técnicas organizativas y de gestión. Solo en los últimos cinco años se han observado tímidos avances con metodologías innovadoras como *Building Information Modeling*, *Lean Construction* y métodos ágiles en la gestión de proyectos.

⁹ World Economic Forum. (2016). *Shaping the Future of Construction. A Breakthrough in Mindset and Technology*.

¹⁰ McKinsey Global Institute. (2017). *Reinventing construction through a productivity revolution*.

¹¹ Fuentes, B. (2014). *Impacto del BIM en el proceso constructivo español*. Valencia: Servicios y Comunicaciones LGV.

El análisis de todos los factores que pueden influir en las decisiones estratégicas de una empresa u organización es un elemento esencial a tener en cuenta. Se debe estudiar el análisis del macroentorno o entorno genérico, el microentorno o entorno específico y un análisis interno de las capacidades que puede tener la propia organización (Zardoya, Sánchez y Latorre, 2018)¹².

3.1.1. ANÁLISIS DEL ENTORNO

El análisis del **entorno genérico** se puede desarrollar mediante el marco PESTEL (Política, Económica, Sociocultural, Tecnológica, Ecológica y Legal). Esta herramienta permite identificar las variables del entorno que influyen en el desarrollo de la empresa como oportunidades o amenazas y cuyo grado de realización es incierto (Cadiat y Steffens, 2016)¹³. Debemos definir, además, los límites geográficos del entorno genérico, distinguiendo entre alcance local, nacional o global (LoNG PESTEL).

Respecto a los **factores políticos y legales**, se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- La estabilidad democrática y la libertad comercial de la región.
- Las ayudas disponibles al sector: planes de innovación en infraestructuras, ayudas a la inversión en pymes industriales, ayudas al alquiler, ayudas a la rehabilitación y a la reforma que estimulan el sector.
- Las ayudas a la cualificación del personal del sector.
- La evolución de la licitación pública.
- Políticas públicas que fomenten nuevas metodologías de trabajo o mejoras de la eficiencia del sector.

Para el análisis de los **factores económicos** debemos tener en cuenta la evolución de indicadores como:

- La tasa de desempleo.
- El Producto Interior Bruto.
- El IPC (Índice de Precios al Consumo) y la inflación.
- El volumen de licitación pública.

¹² Zardoya, Sánchez y Latorre. (2018). *Building Information Modelling: Plan empresarial para una Consultoría BIM: Un ejemplo práctico*.

¹³ Cadiat, A.C. y Steffens, G. (2016). *El análisis PESTEL. Asegúrese la continuidad de su negocio*. Madrid: 50 Minutos.

Respecto a los **factores socio-culturales**, se debe tener en cuenta la evolución de la población (pirámide la población, número de divorcios, tendencias en el alquiler, etc.), que puede influir de forma sustancial en la bajada de la demanda de determinadas infraestructuras o producir cambios en las demandas que puedan ser relevantes para el sector.

Los mercados están en constante cambio por la era digital y la incorporación a los negocios en la nube. Los **factores tecnológicos** deben tener en cuenta estos cambios, poniendo el foco en las nuevas metodologías de trabajo colaborativas, las metodologías de gestión que están en auge y la mejora de la productividad mediante la incorporación de herramientas tecnológicas que permitan mejorar la productividad de la empresa.

Por último, los **factores ecológicos**, que posiblemente hoy los llamaríamos “factores de sostenibilidad”, tienen en cuenta las medidas para el ahorro y la mejora en el uso de los recursos naturales, en la reducción en la generación de residuos, en el reciclaje, en la mejora de la calidad del aire, en la reducción de emisiones contaminantes, en la promoción del desarrollo sostenible del medio rural, en la construcción sostenible (materiales ecológicos, por ejemplo) y en la eficiencia energética.

Para el análisis del **entorno específico**, se propone utilizar el modelo de las cinco fuerzas de Porter (1980)¹⁴, que analiza los distintos factores que influyen en la competitividad de una empresa:

1. **La rivalidad de la competencia en el mercado.** El número de pymes en el sector de la construcción es más del 95%. Muchas empresas ofrecen los mismos servicios, por lo que solo la calidad de éstos puede ser el punto de diferenciación para tener éxito o fracasar. La situación geográfica es un factor significativo, dada la naturaleza de este sector, en el que muchos de los trabajos se contratan en un entorno cercano. Elementos como la capacitación, la profesionalidad, la adopción de nuevas metodologías como BIM, Lean Construction o IPD (Integrated Project Delivery) y un buen plan de comunicación constituirán sin duda elementos fundamentales para posicionar en el mercado a nuestra empresa.

¹⁴ Porter, M. (1980). *Estrategia competitiva. Técnicas para el análisis de la empresa y sus competidores*. Madrid: Ediciones Pirámide.



2. **Los competidores potenciales.** Analizar nuestros competidores potenciales en el territorio en el que está implantada nuestra empresa constituye uno de los pilares del análisis del entorno específico.

3. **Los proveedores.** La posibilidad de negociar con los proveedores de recursos (software o hardware) será también un elemento diferenciador para ahorrar costes estructurales de la empresa. Estudiar posibilidades de alquiler de estos servicios puede, en determinados contextos, ser una ventaja competitiva.

4. **Los productos sustitutivos.** Si queremos ofertar nuevas metodologías de trabajo como mejora en los costes y plazos de las obras/proyectos será necesario evaluar qué otras empresas hacen lo mismo y cómo poder ofrecer productos diferenciados.

5. **Los clientes.** El poder de negociación de los clientes es un aspecto a tener en cuenta, dado que si se consigue que los servicios ofrecidos por la empresa sean diferenciados dentro del sector, el margen de negociación del cliente será menor.

3.1.2. ANÁLISIS INTERNO. MATRIZ DAFO Y MODELO DE NEGOCIO

Las debilidades y fortalezas de una organización se obtienen del análisis interno de la misma, lo que permitirá además situarla en una posición competitiva en el mercado. Según Coulter y Robbins (2010)¹⁵, la combinación de los análisis interno y externo de una organización configura la Matriz DAFO, que es la combinación de Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas. Mediante este análisis, se pueden formular las estrategias adecuadas para explotar las fortalezas y oportunidades, corregir las debilidades y proteger a la empresa de las amenazas.

El análisis interno y externo de la empresa y el desarrollo de la Matriz DAFO se puede disponer de una configuración de cómo se sitúa nuestra organización en el contexto. La tabla 3.1.2. refleja la Matriz DAFO planteada, que ha sido adaptada de la propuesta por Zardoya, Sánchez y Latorre (2018).

¹⁵ Coulter, M. y Robbins, S.P. (2010). *Administración*. México: Pearson Educación.

MATRIZ DAFO	
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> ● Falta inicial de cartera de clientes y proyectos. ● Escasos fondos propios. ● Necesidad de financiación. ● Periodo de adaptación de los trabajadores. ● Carencia de imagen de marca. ● Necesidad de hardware de altas prestaciones y software específico. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Paralización del sector de la construcción. ● Proceso de envejecimiento de la población. ● Caída del gasto público I+D+i. ● Cantidad de profesionales del sector superior a la demanda. ● Bajos márgenes de beneficios. ● Poder determinante de la situación geográfica. ● Barreras de salida reducidas (vinculación por proyecto u obra). ● Barreras de entrada bajas con los conocimientos específicos en BIM, Lean Construction, IPD, etc. ● Obligatoriedad de contratación de metodologías BIM, Lean Construction, IPD, etc.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> ● Diferenciación de producto/marca. ● Producto novedoso en el sector. ● Servicio adaptado a las necesidades del cliente. ● Experiencia en el sector y el proceso proyecto-construcción-operación. ● Motivación. ● Conocimiento de la normativa del sector. ● Personal con alta cualificación. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ayudas a la inversión a autónomos y pymes. ● Ayudas para el empleo y la formación. ● Crecimiento de la economía. ● Cambios en los modelos de organización de la sociedad. ● Orientación hacia el alquiler de vivienda. ● Implantación de la metodología BIM en licitaciones públicas de forma generalizada. ● Desarrollo emergente de herramientas BIM. ● Políticas públicas alineadas con la construcción sostenible. ● Escasa formación especializada del sector en nuevas metodologías (BIM, Lean Construction, IPD, gestión de proyectos) a nivel experto. ● Bajo poder de negociación de los clientes por la necesidad de un servicio no implantado en el sector.

Tabla 3.1.2. MATRIZ DAFO ¹⁶.

¹⁶ Adaptada de Zardoya, Sánchez y Latorre (2018)

El proceso de adopción BIM por parte de una empresa u organización es complejo, variable y sensible a múltiples factores internos y externos. Una parte fundamental de las implantaciones de la metodología BIM es el correcto diseño de los procesos y el control de los mismos. Su desarrollo es crucial y el personal que los lleva a cabo también. Es importante implicar al personal interno, así como a expertos en la metodología y, por supuesto, a la dirección de la empresa. Pero es igualmente importante disponer de un sistema de calidad o control como soporte del desarrollo de la implantación, porque éstos facilitan el marco, los formatos y los criterios. Las organizaciones que tengan implantados sistemas de calidad estarán en mejores condiciones, pero deben adaptarlos a la metodología BIM (Barco, 2018)¹⁷.

¿Cuáles son los aspectos importantes para ayudar a garantizar el éxito de un proyecto? Distintos textos señalan tres como los más relevantes: las **personas**, los **procesos** y la **información**. Sin buenas personas, dispuestas a seguir un proceso bueno y claramente definido y producir y entregar buena información para apoyar las metas y objetivos del proyecto es muy probable que algo salga mal (Montague, 2019)¹⁸.

Independientemente de si pertenecemos a una gran empresa, con grandes proyectos, o formamos parte de una pequeña, que podría ser de una sola persona con pequeños proyectos, debemos tener una estrategia general de planificación y gestión que se apoyaría en estas dimensiones (Barco, 2018).

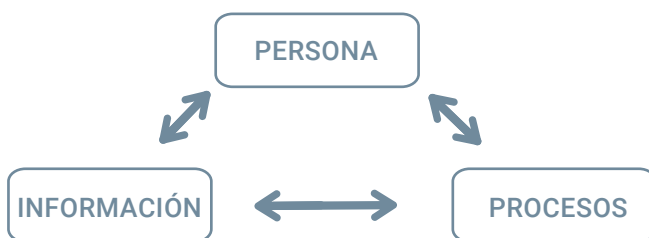


Figura 3.2. Elementos de un implantación BIM.

¹⁷ Barco Moreno, D. (2018). *Guía para implementar y gestionar proyectos BIM: Diario de un BIM manager*. Lima: Editorial Costos SAC.

¹⁸ (Montague, R. (2019). *The "3-Legged Stool" of Successful Project Management*. LinkedIn Pulse.

3.2.1.PERSONAS

La dimensión de las **personas** comprende las características del equipo humano involucrado en la realización del trabajo BIM. Se debe definir y establecer una estructura de responsabilidades, organigrama, roles BIM, autoridades y el flujo de la comunicación dentro de la organización. Esto no solo comprende el nivel de capacidades técnicas en el manejo de un cierto software, sino también sus códigos de comportamiento, preferencias, actitudes y modos particulares de trabajo, las cuales están enraizadas en sus diferentes contextos socioculturales (corporativos, disciplinares y nacionales).

El ambiente de trabajo en el desarrollo de un proyecto puede hacer que éste sea exitoso o, por el contrario, un rotundo fracaso. Las relaciones contractuales que se establezcan entre las partes determinarán la actitud y las acciones de las personas involucradas. Las formas contractuales o acuerdos de colaboración, incluida la participación en etapas tempranas del contratista, tales como el IPD (Integrated Project Delivery), proporcionan el mejor marco para mejorar las relaciones entre los miembros del equipo del proyecto.

3.2.2.PROCESOS

La dimensión de los **procesos** se refiere a los procedimientos que regulan la generación y el manejo de la información de los proyectos BIM que se encuentren alineados con el logro de los objetivos planificados y de los Usos BIM seleccionados. Es necesario definir las tareas de seguimiento y control de los procesos. Ejemplos de ello son los esquemas organizacionales, la definición de roles, los protocolos de trabajo, los criterios de modelado, las convenciones formales, etc.

La dimensión de procesos requiere:

- Establecer objetivos claros.
- Definir resultados.
- Establecer hitos y controles regulares.
- Desarrollar la medición de indicadores clave de rendimiento.
- Definir las tareas, acciones y entregas claramente documentadas.
- Encontrar y eliminar restricciones.

- Adoptar la visión “a largo plazo” (sin soluciones a corto plazo o soluciones para “apagar fuegos”).
- Adoptar una gestión fuerte y robusta.
- Tratar los problemas de manera temprana y rápida, en lugar de evitar lo inevitable.
- La metodología Lean Construction y los enfoques de Last Planner System para la gestión de proyectos proporcionan el mejor marco para la elaboración y gestión de proyectos eficientes y efectivos, respaldados por sólidos estándares industriales para la gestión del diseño (ISO 7000), la gestión del proyecto (ISO 21500), la gestión de la información (ISO 19650), la gestión medioambiental (ISO 14000), la gestión de seguridad (ISO 18000) y la gestión de la calidad (ISO 9000), la gestión de activos (ISO 55000) y la gestión de instalaciones (ISO 41000).

3.2.3. INFORMACIÓN

Sin importar cuál sea su rol en un proyecto, probablemente necesite información para hacer su trabajo o esté produciendo información que otras personas necesitarán para realizar su tarea. La información debe ser precisa, apropiada, oportuna, accesible y presentada en un formato que pueda usarse, reutilizarse y filtrarse para distintas aplicaciones. Aunque la información impresa funciona en algún nivel básico para la comunicación, es lenta para producir, para administrar o actualizar, difícil de procesar en su formato “estático”, es imposible de usar, reutilizar y filtrar. Los datos digitales bien organizados y estructurados son mucho más útiles, más rápidos de producir y mucho más fáciles de administrar. La norma ISO 19650 es el estándar internacional y europeo aceptado para “organizar y digitalizar información sobre edificios y obras de Ingeniería Civil” o lo que comúnmente se conoce como BIM (Modelado de Información de la Construcción). Proporciona el marco para establecer un repositorio central bien administrado de datos geométricos, datos no geométricos y documentos digitales en un Entorno Común de Datos (CDE) y como un recurso de información para apoyar una buena gestión de proyectos.

Esta dimensión debe establecer los procedimientos, los documentos, los estilos, las plantillas, las librerías de objetos BIM, los registros y cualquier otra documentación para la operación eficaz y eficiente de los procesos y, en consecuencia, de la organización.

Muchas de nuestras obras se han construido a lo largo de la historia bajo relaciones contractuales deficientes, sin procesos claramente definidos y sin información de buena calidad. Esto supone, en general, un mayor coste debido al enfoque tradicional de gestión de proyectos. Se produce impacto en las personas, sus negocios y en sus relaciones. También en los resultados, ya sea en la planificación, en el presupuesto o en la reducción de la calidad y el rendimiento del activo. Hay un coste para el medio ambiente y para las vidas humanas.

3.2.4. INDICADORES

Dentro de los elementos a tener en cuenta en un proceso de implantación, los indicadores nos permiten determinar la evolución y evaluar los resultados a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. También se conocen como **KPI** o **Key Performance Indicator, indicadores clave de la implementación o ejecución**. Se trata de establecer una estrategia de control de la evolución del desarrollo del proyecto mediante una matriz de indicadores valorados, con ratios objetivos que medirán el grado de desarrollo.

Si la medición la realizamos a nivel de empresa, a nivel de implantación de la metodología o estrategia, hablamos de la **matriz de madurez BIM**, que hace referencia a la mejora gradual y continua de la calidad, repetibilidad y predictibilidad en el seno de una Capacidad BIM Disponible. Succar (2010)¹⁹ propone la Matriz de Madurez BIM dentro de la metodología BIME Initiative. La versión en español ha sido elaborada por BIMETRIC²⁰ y está disponible para su descarga de la web de BIME Initiative²¹ (ver figura 3.2.3.).

Una revisión inicial de la literatura especializada muestra que existe una enorme cantidad de indicadores que han sido propuestos para medir el desempeño de BIM en una organización en el sector de la Arquitectura, la Ingeniería y la Construcción (AEC). La tabla 3.2.3 selecciona solo una muestra de los más representativos que se agrupan en áreas de desempeño:

¹⁹ Succar, B. (2010). *Building Information Modelling maturity matrix*. In J. Underwood & U. Isikdag (Eds.), *Handbook of research on Building Information Modelling and construction informatics: concepts and technologies* (pp. 65-103): Information Science Reference, IGI Publishing. <http://bit.ly/BIMPaperA3>

²⁰ Portal web de Bimétrica (2020). <http://www.bimetriclab.com/>

²¹ Succar, B. (2016). *Matriz de Madurez BIM. BIM Excellence*. <http://bimexcellence.org/files/301in.ES-Matriz-de-Madurez-BIM.pdf>

Áreas de Madurez a Granularidad nivel 1		a INICIAL (0 puntos)	b DEFINIDO (máx. 10 puntos)	c GESTIONADO (máx. 20 puntos)	d INTEGRADO (máx. 30 puntos)	e OPTIMIZADO (máx. 40 puntos)
PROCESOS basados en una Serie de Capacidades v5	Recursos infraestructura física y de conocimiento	El entorno de trabajo, o bien no se reconoce como factor de la satisfacción del personal o puede no ser propicio para la productividad. El conocimiento no es reconocido como un activo, el conocimiento BIM suele compartirse de manera informal entre el personal a través de consejos, técnica y lecciones aprendidas.	El entorno de trabajo y las herramientas en el lugar de trabajo se identifican como factores que influyen en la motivación y la productividad. Del mismo modo, el conocimiento es reconocido como un activo, el conocimiento compartido es recopilado, documentado y después transferido de tácito a explícito.	El entorno de trabajo es controlado, modificado y sus criterios gestionados para aumentar la motivación del personal, la satisfacción y la productividad. Además, el conocimiento documentado se almacena adecuadamente.	Los factores ambientales se integran en las estrategias de desempeño. El conocimiento se integra en los sistemas de organización, el conocimiento almacenado se hace accesible y fácilmente recuperable.	Los factores físicos del lugar de trabajo se revisan constantemente para asegurar la satisfacción del personal y un entorno propicio para la productividad. Del mismo modo, las estructuras del conocimiento responsables de adquisición, representación y difusión se revisan y modifican sistemáticamente.
		Puntuación	Puntuación	Puntuación	Puntuación	Puntuación
	Actividad & Flujos del trabajo conocimiento, habilidades, experiencia, roles y dinámicas relevantes	No hay procesos definidos, los roles son ambiguos y estructuras de equipo/dinámicas son inconsistentes. El remedio es impredecible y la productividad depende de heroicidades individuales. Florece una mentalidad de "trabajo en torno al sistema".	Los roles BIM se definen informales y los equipos se forman en consecuencia. Cada proyecto BIM se planifica de forma independiente. Se identifican las competencias BIM y se objetivan. El heroísmo BIM se desvanece a medida que aumenta la competencia, pero la productividad sigue siendo impredecible.	La cooperación en las organizaciones aumenta a medida que se ponen a disposición las herramientas para la comunicación entre proyectos. Flujo de información constante. Los roles BIM son visibles y los objetivos se consiguen de forma más consistente.	Los roles BIM y los objetivos de competencia se arreglan en la organización. Los equipos tradicionales son sustituidos por otros orientados a BIM a medida que los nuevos procesos se convierten en parte de la cultura de la organización / del equipo del proyecto. La productividad es ahora consistente y predecible.	Los objetivos de competencia BIM mejoran de manera continua para que coincidan con los avances tecnológicos y se alineen con los objetivos organizacionales. Las prácticas de recursos humanos se revisan de forma proactiva para asegurar que el capital intelectual coincida con las necesidades del proceso.
		Puntuación	Puntuación	Puntuación	Puntuación	Puntuación
	Productos & Servicios Especificación diferenciación e I+D	Los entregables de modelos 3D (un producto BIM) sufren de niveles de detalle demasiado altos, demasiado bajos o inconsistentes.	Se dispone una declaración que defina la estructuración de los objetos modelo 3D.	Adopción de especificaciones de productos/servicios similares a Especificación de Progreso del Modelo, niveles de información BIPS o similares.	Los productos y servicios se especifican y diferencian en función de las Especificaciones de Progreso del Modelo o similar.	Los productos y servicios BIM son evaluados constantemente. Los bucles de retroalimentación promueven la mejora continua.
		Puntuación	Puntuación	Puntuación	Puntuación	Puntuación

Áreas de Madurez a Granularidad nivel 1		a INICIAL (0 puntos)	b DEFINIDO (máx. 10 puntos)	c GESTIONADO (máx. 20 puntos)	d INTEGRADO (máx. 30 puntos)	e OPTIMIZADO (máx. 40 puntos)
PROCESOS basados en una Serie de Capacidades v5	Liderazgo & Gestión Cualidades de organización, estrategias de gestión y comunicativas, innovación y renovación	Los líderes / gerentes tienen varias visiones sobre el BIM. La implementación de BIM (según los requisitos BIM de la etapa) se lleva a cabo sin estrategia. En este nivel de madurez BIM se trata como una corriente tecnológica: la innovación no se reconoce como un valor independiente y no se reconocen las oportunidades de negocios que surgen de BIM.	Los líderes / gerentes adoptan una visión común sobre BIM. La estrategia de implementación de BIM carece de datos procesables. BIM se trata como un proceso de cambio, una corriente tecnológica. Se reconocen las innovaciones de producto y proceso. Se identifican las oportunidades de negocio derivadas de BIM, pero no se explotan.	Se comunica la visión de implementar BIM y es entendida por la mayoría del personal. La estrategia de implementación BIM va de la mano con los planes de acción detallados y un régimen de vigilancia BIM es reconocido como una serie de tecnología, procesos y cambios en las políticas que deben ser gestionados sin poner trabas a la innovación. Se reconocen las oportunidades de negocio derivadas de BIM y se utilizan en las acciones de marketing.	La visión es compartida por el personal de toda la organización y / o los socios del proyecto. La implementación de BIM, sus requisitos y la innovación de procesos / productos están integrados en los canales organizativos, estratégicos de gestión y comunicación. Las oportunidades de negocio derivadas de BIM son parte de la ventaja competitiva del equipo, organización o del equipo de proyectos y se utilizan para atraer y mantener a los clientes.	Las partes interesadas han internalizado la visión BIM y se logra activamente. La estrategia de la implementación de BIM y sus efectos en los modelos de organización se revisa de forma continua y alineada con otras estrategias. Si son necesarias modificaciones, se implementan de forma proactiva. El producto innovador / las soluciones de procesos y las oportunidades de negocio son codiciados y se persiguen de forma implacable.
		Puntuación	Puntuación	Puntuación	Puntuación	Puntuación

Figura 3.2.3. Matriz de Madurez BIM de BIME Initiative (Succar, B, 2010), traducida por Víctor Roig, de BIMETRIC.

INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO	
INDICADORES DE COSTE	
Predictibilidad del coste	Precisión en la estimación de costes comparada con los costes reales del proyecto.
Coste por unidad	Coste promedio del proyecto por unidad producida.
Coste por errores	Coste de mano de obra y materiales para rectificar/rehacer defectos y errores.
Sobrecoste	Coste de modificaciones de proyecto como % del presupuesto total.
Coste de operaciones BIM	Coste de las actividades desarrolladas con metodología BIM en relación al coste total del proyecto.
INDICADORES DE TIEMPO	
Predictibilidad de tiempo (podría utilizarse el Índice de Desempeño de Cronograma o Schedule Performance Index – SPI)	Relación entre la duración estimada en la planificación y la duración real.
Tiempo por unidad	Tiempo promedio por unidad producida (adjudicado y real ejecutado).
Tiempo en solucionar defectos/errores	Tiempo promedio empleado para rectificar/rehacer defectos y errores.
Atrasos	Porcentaje de actividades no completadas a tiempo.

Tabla 3.2.3. Indicadores de desempeño.

INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO	
INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD	
Costes directos e indirectos de la mano de obra	Euros por unidad y unidad por hora de costes directos e indirectos de mano de obra.
Prefabricación	Cantidad de prefabricación realizada fuera del sitio.
Modelado BIM	Metros cuadrados modelados (por disciplinas) * horas de trabajo. Cantidad de elementos modelados * LOD (coeficiente)/cantidad de horas totales. Cantidad de formatos exportados/cantidad de modelos (IFC, GbXML, ADSK, DWF, NWD, etc.).
Entrada de datos	Número de entrada de datos no geométricos por unidad de medida (m ² , horas).
INDICADORES DE CALIDAD	
Deficiencias	Número total de deficiencias (también las relacionadas con el coste y el tiempo).
Requerimientos de Información (RDIs)	Número de Requerimientos de Información (RDIs).
Modificaciones de proyecto	Número de modificaciones de proyecto.
Tiempo de respuesta a los RDIs	Tiempo de respuesta promedio a los Requerimientos de Información (RDIs).
Control de costes	Coste estimado en la resolución de conflictos con metodología BIM respecto a métodos tradicionales.
Consistencia de documentos	Número de inconsistencias de documentos en relación al número total de documentos.
Warnings del software	Número de warnings (advertencias) de las herramientas de software en objetos/modelos.
Colisiones - constructabilidad	Número de colisiones detectadas por disciplinas y en relación al número de objetos, m ² .
Objetos BIM	Número de objetos genéricos (no adaptados al proyecto) en relación al número total de objetos BIM.
Definición del proyecto	Cantidad de detalles del proyecto y de documentación en relación a los proyectos no BIM.
Reuniones de coordinación	Cantidad en horas de reuniones en función del tamaño del proyecto (m ² , disciplinas).
INDICADORES DE SEGURIDAD	
Incidentes declarados	El número de incidentes reportados en relación a las horas totales trabajadas.
Tiempo perdido por incidentes	La cantidad de tiempo perdido por incidentes reportados en relación a las horas totales trabajadas.
Riesgos detectados	Número de riesgos detectados usando metodología BIM.

Tabla 3.2.3. (Continuación). Indicadores de desempeño.

INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO	
INDICADORES DE LA ORGANIZACIÓN	
Beneficio	Margen de beneficio en el proyecto.
Ganancia per cápita	Ganancia per cápita (Recursos Humanos).
Contribución de BIM	Ventas totales de proyectos BIM en relación a las ventas totales.
Licitaciones/contratos conseguidos	Número y volumen de licitaciones/contratos conseguidos.
Satisfacción del cliente	Nivel de satisfacción del cliente con los servicios prestados.
Contratos con mismo cliente	Número de contratos obtenidos con el mismo cliente.
I+D+i BIM	Presupuesto para I+D+i en BIM en relación al presupuesto total de I+D+I.
Inversión en TIC	Inversión en TIC por unidad de ganancia.
Software BIM	Coste de la inversión en software BIM.
Hardware BIM	Coste de la inversión en equipos para trabajo en BIM.
Nuevos productos/servicios desarrollados	Número de nuevos productos y servicios desarrollados.
Proyectos con participación simultánea	Número de proyectos con participación simultánea.

Tabla 3.2.3. (Continuación). *Indicadores de desempeño. Fuente: Adaptada de Terán et al., 2018²².*

3.3. FASES DE UN PLAN DE IMPLANTACIÓN BIM

Detectada la necesidad de introducir BIM en una organización, debemos llevar a cabo un análisis de objetivos, alcances y requisitos que permitirán definir la planificación, estableciendo las fases y tareas que pondrán en marcha los diferentes procesos de trabajo.

Se deben precisar, si las hubiera, las restricciones de tipo funcional, tecnológico, económico, normativo o legal y de recursos (tanto humanos como de software y hardware) en el contexto de la empresa u organización.

²² Terán, M., Loyola, M., Pallarés, M. E., Soza, P., Elgueta, H., Escobedo, C., Fernández, A., Manzi, G., Rodríguez, B. (2018). *Estudio de costos relacionados con la implementación de metodologías BIM. Departamento de Arquitectura. Universidad de Chile. Santiago.*

La implantación BIM se articula en las siguientes fases (ver Figura 3.3.):

1. Fase de Inicio: Análisis de la Organización.
2. Fase de Planificación e Implantación: Propuesta de Implantación.
3. Fase de Seguimiento.
4. Fase de Cierre.

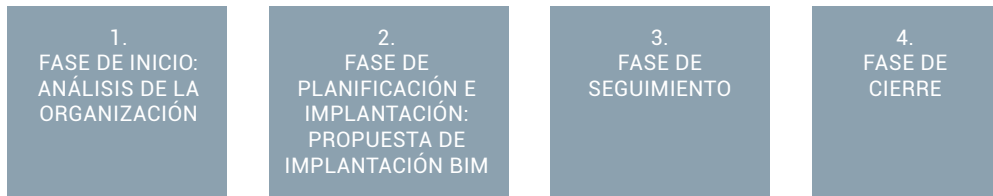


Figura 3.3. Fases de Implantación BIM. Fuente: Elaboración propia, adaptada de (Barco, 2018).

3.3.1. FASE DE INICIO: ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN

La Fase de Inicio comienza con un diagnóstico general inicial de la empresa u organización que tratará de la dimensión y cultura de trabajo de la organización, el papel que desempeña dentro de un proyecto de construcción y el nivel de conocimiento o madurez BIM que posee.

Los aspectos que analizar se estructuran en los siguientes ámbitos (ver tabla 3.3.1.):

1. Datos generales de la organización.
2. Personal.
3. Infraestructura.
4. Procesos de la organización y estado de implantación.
5. Cartera de proyectos y clientes.

FASE DE INICIO: DIAGNÓSTICO DE LA ORGANIZACIÓN	
Datos generales de la organización	Datos generales y estructura organizativa de la empresa. Indicadores disponibles de proyectos cerrados de la empresa. Identificar la actividad y ámbito de actuación. Identificar los servicios que ofrece. Identificar los procedimientos internos existentes. Evaluar la actitud ante los cambios e innovación del personal. Evaluar el estado de conocimiento actual sobre BIM y otras metodologías innovadoras.
Personal	Identificación del personal disponible, roles, formación y experiencia. Identificación del personal con conocimiento BIM y otras metodologías innovadoras. Selección de los potenciales integrantes del equipo BIM (personas proactivas al cambio, con capacidad o autoridad para redefinir procesos o proponer modificaciones de los mismos).
Infraestructura	Localización, ubicación y características de los espacios de trabajo. Recursos de software disponibles. Infraestructura IT existente (redes, servidores, sistemas de seguridad, almacenamiento...).
Procesos de la organización y del estado de implantación	Procesos consolidados. Procesos con baja implantación. Procesos no documentados. Comunicación e intercambio de documentación a nivel interno y externo. Identificación de entregables.
Cartera de proyectos y clientes	Proyectos o servicios realizados en los últimos años. Listado clasificado de clientes. Red profesional (colaboradores, proveedores, relaciones con el sector...).

Tabla 3.3.1. Fase Inicio ²³.

²³ Elaboración propia, adaptado de EntornoBIM (2017)

3.3.2.FASE DE PLANIFICACIÓN E IMPLANTACIÓN: PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN BIM

Una vez desarrollado el análisis de la organización se podrá elaborar la propuesta de implantación, que debe incluir en detalle todos los elementos analizados y desarrollados en la fase inicial:

1. **Diagnóstico de las potencialidades de la organización**, de su equipo humano, de su infraestructura y de sus procesos.
2. **Planificación del Plan de Implantación BIM**, que debe contener:
 1. **Modelo de Implantación**. Es necesario decidir, en función de los recursos humanos disponibles, si se opta por introducir un equipo BIM en la empresa, si se va a formar al equipo existente o la opción mixta de introducir un equipo de apoyo que dé soporte en el periodo de implantación.
 2. **Organigrama general del Plan de Implantación**. Detallar el organigrama del equipo. Se suele crear un grupo de trabajo BIM o Comisión BIM, lo que permitirá crear un efecto tractor en la organización
 3. **Metas y objetivos**. Se deben definir las metas y objetivos y los procesos afectados por la implantación.
 4. **Hoja de ruta (Road Map)**. Definir la planificación temporal del Plan de Implantación BIM, estableciendo los hitos que deben ser completados, identificando los procesos críticos, las prioridades, los planes de acción, etc.
 5. **Modelo de procesos en el desarrollo de proyectos**. Establecer los diagramas de procesos en relación con los proyectos (diseño, cálculo, revisiones, coordinación, publicación, 4D, 5D, etc.), fases y tareas pormenorizadas, requisitos y entregables.
 6. **Recursos de hardware y software**. Se debe considerar el mantenimiento, adaptación o adquisición de equipos informáticos, de redes y de servidores; la necesidad de licencias de software; los servicios en la nube que sean necesarios; y considerar los procesos de actualización de todos estos sistemas.



7. **Gestión documental.** Establecer el sistema de gestión documental que adoptar (si no existiera), la estructura y normas que seguir, así como los niveles de acceso, de edición y de lectura.

8. **Plan de formación.** Se debe definir basado en el modelo de implantación que se haya adoptado y en función de los roles, de la planificación de proyectos y de las metas y los objetivos del Plan de Implantación.

3. **Implantación BIM.** Para completar con éxito un proceso de implantación BIM, se lleva a cabo la fase del "proyecto piloto", puesto que si omitimos la experimentación sobre un proyecto real no pondremos a prueba los equipos de trabajo y no se podrán comprobar las dificultades a las que hacer frente. Esto permitirá ajustar los procesos, las personas y los recursos a la realidad de nuestra organización. El desarrollo del proyecto piloto se estructura en las siguientes fases:

1. Inicialización del Proyecto. Comprende la puesta en marcha y toma de decisiones establecidas en el Plan de Implantación:

- Organización del proyecto.
- Organización de recursos.
- Establecimiento de procesos.
- Gestión de documental.

2. Desarrollo del proyecto.

3. Gestión y coordinación.

3.3.3. FASE DE SEGUIMIENTO

Se establecen sistemas de monitorización y control para garantizar el cumplimiento con los requisitos del proyecto a nivel de cliente, a nivel de normativas y a nivel de estándares. Se pueden establecer los siguientes ejes de control:

- **Control de los datos.** Deben establecerse procesos y tipos de controles correctamente dimensionados y calibrados para el control de los datos del proyecto. Para ello, será necesario disponer de un conjunto de Indicadores. Los Indicadores son las medidas utilizadas a lo largo del ciclo de vida de un proyecto para determinar su evolución o un sistema de implantación para

evaluar los resultados. Estos indicadores nos permitirán construir un cuadro de mando que facilite la toma de decisiones y el desarrollo de análisis precisos. En este contexto, es necesario establecer la Matriz de Responsabilidades, que detallará quiénes son los responsables en cada proceso y por roles - del control - y de la supervisión o auditoría de cada uno de los modelos, así como del modelado.

- **Auditorías de modelos.** Se trata de establecer los puntos de control sobre los modelos para garantizar el cumplimiento de los Usos BIM.

3.3.4. FASE DE CIERRE

La fase de cierre es muy importante desde el punto de vista de la mejora continua y de la optimización de procesos, ya que permite analizar todo lo sucedido a lo largo del ciclo de vida del proyecto a nivel de planificación, objetivo e indicadores o a nivel de implantación de la metodología. Es necesario revisar los parámetros de gestión y coordinación aplicados:

- Parámetros de productividad, objetivos y estrategias.
- Analizar qué riesgos se han cumplido y en qué medida, con la finalidad de tomar acciones preventivas de cara a futuros proyectos.
- Analizar la evolución en la formación del equipo humano de la empresa. Es necesario evaluar si hay necesidad de formación complementaria, incorporar nuevos miembros, etc.
- Revisar la aplicación de protocolos y normas de referencia.
- Revisar la gestión de modelos a nivel de revisión de los modelos, limpieza y depuración y generación de formatos interoperables. Actualizar las librerías de plantillas, objetos, etc.

Otro de los procesos que se incluyen en esta fase de cierre es la difusión de los resultados de los proyectos, alineado con la dirección y con los responsables de comunicación: elaboración de notas de prensa, artículos científicos o de divulgación, participación en proyectos estratégicos y en foros de difusión (congresos, jornadas, etc.)

4

FASES DE UN PROYECTO

- 4.1. Introducción a la licitación pública, Inclusión de requisitos BIM.
- 4.2. Fases de las licitaciones vs relación con usos BIM y documentos asociados.

Se parte de la definición de un proyecto entendido no como conjunto de documentos que definen un proyecto ya sea básico/trazado o constructivo, sino en su acepción anglosajona como “esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”. En el caso del sector construcción, un edificio, una obra lineal, una infraestructura, etc.

El ciclo de vida de una infraestructura se compone de tres fases diferenciadas, aunque se podría establecer una composición con un mayor número de etapas con un mayor detalle. En general, se distinguen, una vez adoptada la decisión de invertir:

- Planificación y proyecto: estudios previos a la construcción.
- Construcción.
- Operación y mantenimiento.



Así mismo, cabría especificar que, como fase de Operación y Mantenimiento se refiere a sus actividades propias, independientemente de la realización de proyectos y obras que afectan de forma parcial a la infraestructura.

4.1. INTRODUCCIÓN A LA LICITACIÓN PÚBLICA, INCLUSIÓN DE REQUISITOS BIM

4.1.1. EL PROCESO DE LICITACIÓN

4.1.1.1. MARCO JURÍDICO

La licitación pública viene regulada por la Ley de Contratos del Sector Público (Ley 9/2017),²⁴ aprobada en noviembre de 2017 y que traspone al ordenamiento jurídico español las directivas europeas 2014/23/UE y 2014/24/UE²⁵.

²⁴ Ley de Contratos del Sector Público <https://www.boe.es/buscar/pdf/2017/BOE-A-2017-12902-consolidado.pdf>

²⁵ Directiva europea 2014/24/UE <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2014-80598>



Es precisamente esta última la primera que introduce la posibilidad en su artículo 22 de exigir el uso de herramientas BIM o similares. La ley española introdujo este aspecto en la disposición adicional decimoquinta.

Independientemente de la inclusión o no de una mención explícita, el empleo de la metodología BIM en el ámbito de las infraestructuras públicas está indisolublemente unido y condicionado por los procesos de licitación.

La ley recoge los principios básicos y los procedimientos de licitación, aspecto ambos cruciales para definir la forma de inclusión de la metodología.

Determinadas características de esta metodología, como pueda ser la colaboración y negociación, se han presentado para escenarios de participación y relación entre los agentes participantes ajenos a los procedimientos imperantes en España. Lo que no quiere decir que no haya colaboración, si no que el procedimiento establece cuáles son los agentes participantes en cada una de las fases, como se verá a continuación.

La contratación pública debe seguir los siguientes principios básicos establecidos por la ley:

1. **Transparencia.** Evitar favoritismos y arbitrariedades.
2. **Integridad.** Sin conflicto de intereses.
3. **Publicidad.** Máxima divulgación, siendo esencial que las condiciones estén formuladas de forma clara e inequívoca, sin que den lugar a confusión.
4. **Concurrencia.** La Administración no puede establecer ningún requisito de participación en el procedimiento de licitación que no esté debidamente motivado y justificado.
5. **No discriminación.**
6. **Igualdad** de condiciones que garanticen las mismas oportunidades.
7. **Eficiencia.**

El empleo de la metodología BIM debe seguir estos principios esenciales y no contribuir a su conculcación. Los pliegos de licitación deben incluir cláusulas que favorezcan la transparencia y eficiencia en la medida en que éstas mejoren

la información suministrada a todos los ofertantes. Especial relevancia tiene el principio de concurrencia que constituye el argumento principal contra la introducción de la metodología BIM en procesos públicos. A fin de no reducir la concurrencia, se debe evitar introducir la exigencia de determinadas herramientas (software). Esto conduce a enfoques de empleo de formatos abiertos, a pesar de las limitaciones que actualmente presentan.

La introducción de la metodología BIM no tiene necesariamente por qué reducir la concurrencia, dado que existe una variedad importante de herramientas disponibles en el mercado, accesibles a los posibles licitadores.

Otro aspecto clave recogido en la Ley son los tipos de procedimiento:

- **Abierto.** Se excluye la negociación de los términos del contrato.
- **Negociado.** La adjudicación recae en el licitador justificadamente elegido por el órgano de contratación, después de consultas con diversos candidatos y negociaciones de las condiciones del contrato con ellos.
- **Diálogo competitivo.** El órgano de contratación dirige un diálogo con los candidatos seleccionados (que han solicitado con anterioridad), para llegar a desarrollar una o varias soluciones capaces de satisfacer sus necesidades y que sirvan de base para que los candidatos elegidos presenten una oferta.
- **Restringido.** Especialmente apto para la adjudicación de los contratos de servicios de ingeniería y arquitectura. No incluye negociación.
- **Asociación para la innovación.**

El procedimiento más habitual es el abierto. Éste implica una clara definición en la documentación de la licitación de los requisitos de información BIM y, aunque existe la posibilidad de que se produzcan aclaraciones durante el proceso, no es frecuente que se modifiquen los pliegos. A ello se une la falta previa de experiencia y/o modelos estandarizados, a diferencia de la licitación de procesos convencionales. Esta experiencia previa resulta clave para conocer el nivel de alcance en la ejecución del contrato para cada cliente.

En la actualidad, no existe una idea clara de qué supone un proyecto constructivo para un cliente determinado ejecutado bajo metodología BIM más de lo que sea explícito en el pliego. Es por ello que se requiere una mayor precisión y contenido en los pliegos. Ya sea incorporando un anexo BIM, razonable en etapas tempranas, como introduciendo el enfoque BIM en el cuerpo del propio pliego.



4.1.1.2. MODELOS DE LICITACIÓN

El modelo de licitación es otro factor que gobierna la introducción de la metodología BIM, ya que establece los agentes participantes en cada fase y la relación entre las mismas.

En el ámbito internacional, existen diversos modelos de licitación en función del solape entre las fases mencionadas anteriormente. Así y sin ánimo de ser exhaustivos, se distingue entre:

- **Design-Bid-Build (DBB)**. Proyecto, licitación y obra. Proceso muy secuencial en el que el coste de la construcción se determina tras la fase de licitación y a partir de un precio base de licitación establecido en el proyecto.
- **Design and Build (DB)**. Proyecto y construcción. El coste de la construcción se establece en una etapa intermedia del diseño, que se completa con el proyecto de detalle ya en fase de construcción.
- **CM at Risk (CMR)**. Gestión integrada de la construcción. Con diversas variantes adicionales al introducir la fase de explotación y mantenimiento.

Estos modelos están influenciados por dos factores principales:

- La financiación pública de las infraestructuras.
- La gestión diferenciada entre diseño/construcción y explotación/conservación.

La financiación pública es mayoritaria, siendo el modelo concesional de extensión limitada. Por otra parte, se da con cierta frecuencia la diferenciación entre los promotores de la construcción y los gestores de la explotación y el mantenimiento, siendo, incluso, organizaciones diferentes. De forma simplificada, en las infraestructuras lineales se diseñan y construyen tramos y se gestionan redes o itinerarios. Ello contribuye a procesos de licitación diferenciados.

En España, el tipo más habitual en el ámbito público es DBB (Proyecto, Licitación y Obra).

Este proceso establece que la definición del objeto a construir debe ser completa antes de su licitación. Este aspecto condiciona las responsabilidades y los flujos de información en toda la vida útil de la infraestructura.

Se trata de un modelo muy secuencial y diferenciado que produce pérdidas de información en el paso de una a otra fase, considerando que intervienen diferentes agentes.

Frente a otros modelos en los que se producen solapes entre fases, el modelo DBB dificulta la gestión de modelos de información únicos cuya cantidad de información se va incrementando en cada fase, de acuerdo a UNE-19650²⁶.

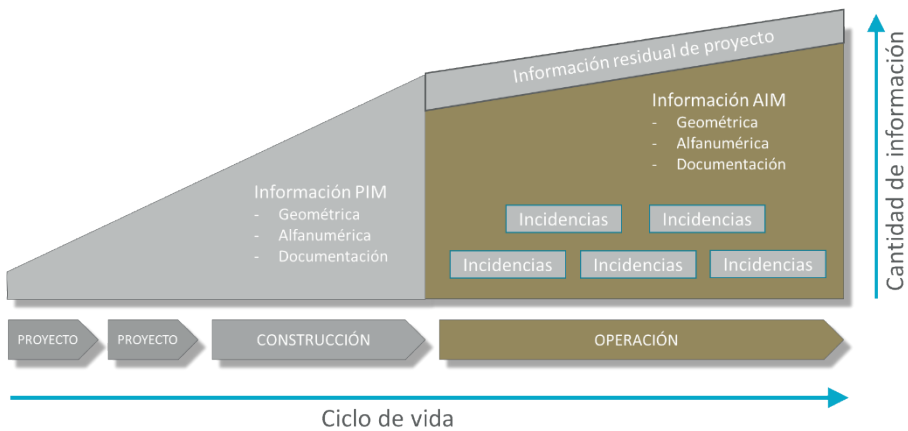


Figura 1: Proceso de gestión de la información (UNE-19650).

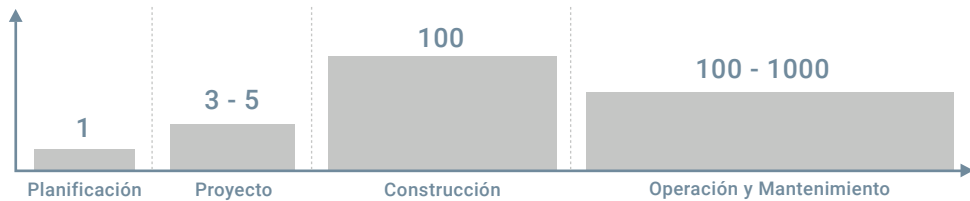
Para que el proceso sea semejante al de la figura, se tienen que establecer de forma muy clara los requisitos de información de cada fase. Incluso considerando variables que influyen en las siguientes fases y que, existiendo solapes entre las mismas, son más fáciles de establecer. A modo de ejemplo, un modelo Design & Build en el que la fase final del diseño (proyecto) se produce en una etapa que incluye la construcción, deberá incluir todos los aspectos relacionados con variables como la logística de la construcción, sus fases, los medios auxiliares, etc.

²⁶ UNE-EN ISO 19650 <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062137>

4.1.2.1. INVERSIÓN PÚBLICA EN LAS FASES DEL CICLO DE VIDA

La distribución de la inversión pública a lo largo del ciclo de vida también constituye un aspecto que tener en cuenta.

El siguiente gráfico muestra el esfuerzo inversor a lo largo del ciclo de vida:



Como se aprecia, el esfuerzo principal corresponde a la fase de operación y mantenimiento. Sin embargo, la mayor capacidad de toma de decisiones se produce en las fases tempranas, especialmente de proyecto. Se hace necesario, por ello, incrementar el esfuerzo en estas fases a fin de obtener beneficios en fase de operación. Esto condiciona los Usos BIM y los requisitos de información a disponer ya desde fase de proyecto, modificando su foco habitual (servir de base a la construcción).

4.1.2.2. INFLUENCIA DE PROCEDIMIENTOS

Como se menciona anteriormente, el procedimiento abierto es el más habitual. Este es un procedimiento que no recoge ningún tipo de negociación durante su desarrollo. Por este motivo, el objeto del contrato debe estar muy claro en los pliegos.

En lo que atañe al empleo de la metodología BIM, la documentación de la licitación debe recoger todos los requisitos relativos a la misma, desde el establecimiento de los Usos BIM hasta cuestiones de un mayor detalle como entregables, empleo de entornos comunes de datos, criterios de modelado, etc.

Los documentos clave son los pliegos, de prescripciones tanto técnicas como administrativas. El primero es el documento equivalente al EIR (Employer Information Requirements) de la terminología anglosajona y contiene el conjunto de requisitos que aplicar en la ejecución del contrato. En el pliego de condiciones administrativas se incluirán las condiciones de solvencia y de adjudicación de la licitación. Ambas pueden tener requisitos adicionales a los del pliego técnico,

relacionados con la experiencia del licitante y de su equipo técnico, con la valoración de determinados compromisos o con la documentación técnica de la oferta.

Dentro de la documentación a incluir en la oferta, se incluye el Plan de Ejecución BIM (PEB), en el que se introduce por parte de cada licitante cómo éste va satisfacer los requisitos introducidos en el pliego. Este PEB previo a la adjudicación es un documento vinculante como el resto de la documentación de la oferta.

En procedimientos negociados, cabe actuación sobre los requisitos de información incluidos en el pliego en un proceso regulado en el que no cabe modificación de los requisitos mínimos ni de los criterios de adjudicación.

El diálogo competitivo podría ser el tipo de procedimiento que mejor podría encajar especialmente en etapas tempranas de adopción. En este procedimiento, el objetivo se establecerá, pero no la forma de conseguirlo.

El Artículo 167 de la LCSP establece en qué supuestos se pueden aplicar procesos negociados. Entre ellos, se incluyen soluciones innovadoras o los supuestos en los que el órgano de contratación no pueda establecer con la suficiente precisión las especificaciones técnicas. Ambos casos podrían considerarse para licitaciones en etapas tempranas del proceso de implantación en las que las organizaciones están poco maduras.

Constituyen una tipología de procedimientos menos rígido que el abierto y permiten la revisión de los requisitos. Su principal desventaja es que constituye un procedimiento de mayor duración.

4.2.FASES DE LAS LICITACIONES VS RELACIÓN CON USOS BIM Y DOCUMENTOS ASOCIADOS

La Administración Pública española (ya sea nacional, autonómica, provincial o local) aplica, de manera habitual, los siguientes tipos de contratos:

- Servicios. Entre los que suele encontrarse los siguientes:
 - Asistencias técnicas a la redacción de proyectos (fase Diseño).
 - Redacción de proyectos (fase Diseño).
 - Asistencias técnicas a la Dirección de Obra (fase Construcción).
 - Dirección de Obra (fase Construcción).
 - Asistencias Técnicas al Mantenimiento (fase Mantenimiento).
 - Mantenimiento (fase Mantenimiento).

- Obras:
 - Ejecución de obras (fase Construcción).

En el siguiente ejemplo, obtenido de la plataforma de contratación del Estado, podemos comprobar la tipología y objeto del contrato para una administración pública:

Servicios	Asistencia técnica a la Dirección de Obra para la realización del proyecto modificado de la rstructura de la cúpula dentro de las obras de construcción de la estación de autobuses, Cúpula, parque sobre autobuses y Parque Oeste de Logroño.
Servicios	Asistencia técnica a la Dirección de Obra y Coordinación de Seguridad y Salud durante las obras de urbanización de la nueva glorieta de Vara de Rey y conexiones Miguel Delibes con Duques de Nájera y Hermanos Hircio con Belchite, solución C al paso inferior de Duques de Nájera en Logroño.
Obras	Obras de urbanización de la nueva Glorieta de Vara de Rey y conexiones Miguel Delibes con Duques de Nájera y Hermanos Hircio con Belchite, solución C al paso inferior de Duques de Nájera en Logroño.

Servicios	Redacción del proyecto de construcción de la urbanización de la nueva glorieta de Vara de Rey y conexión Miguel Delibes con Duques de Nájera y Hermanos Hircio con Belchite, incluyendo la solución C al paso inferior de Duques de Nájera y estudio del tráfico.
Servicios	Contratación de la asistencia técnica a la Dirección de Obra y Coordinación de Seguridad y Salud durante las obras de construcción de la estación de autobuses, cúpula, parque sobre la estación de autobuses y Parque Oeste de Logroño.
Obras	Contrato de obras de construcción de la estación de autobuses, cúpula y urbanización del parque sobre la Estación de Autobuses y Parque Oeste de Logroño.
Servicios	Contratación de la Codirección Facultativa de las obras de la futura estación de autobuses, cúpula y parque sobre la estación de autobuses y Parque Oeste.
Obras	Contrato de obras de ajardinamiento de tres rotondas en el entorno de la estación de tren de Logroño (La Rioja)

Es por este motivo que durante la incorporación de BIM en los contratos es necesario atender a la redacción de requisitos BIM en los pliegos de dichas tipologías de licitación anteriormente mencionados.

En la redacción de los pliegos técnicos, es necesario tener en cuenta el alcance de los trabajos, su descripción, los entregables del contrato, el control de calidad de dichos entregables, los medios técnicos y el equipo técnico, entre otros.

Aquellas administraciones públicas decididas a implantar BIM están redactando en sus pliegos técnicos o bien en anexos, su EIR o requisitos de información BIM y, entre otros conceptos, están incluyendo los Usos BIM demandados para todo el ciclo de vida de la infraestructura.

En el último informe publicado por el Observatorio BIM²⁷ de la Comisión esBIM, podemos ver la evolución trimestral de algunos indicadores cualitativos establecidos sobre requisitos BIM como son los entregables, los usos, los formatos abiertos, la solicitud de Plan de Ejecución BIM, etc.

²⁷ https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2019/08/Informe_Observatorio_Julio_19.pdf

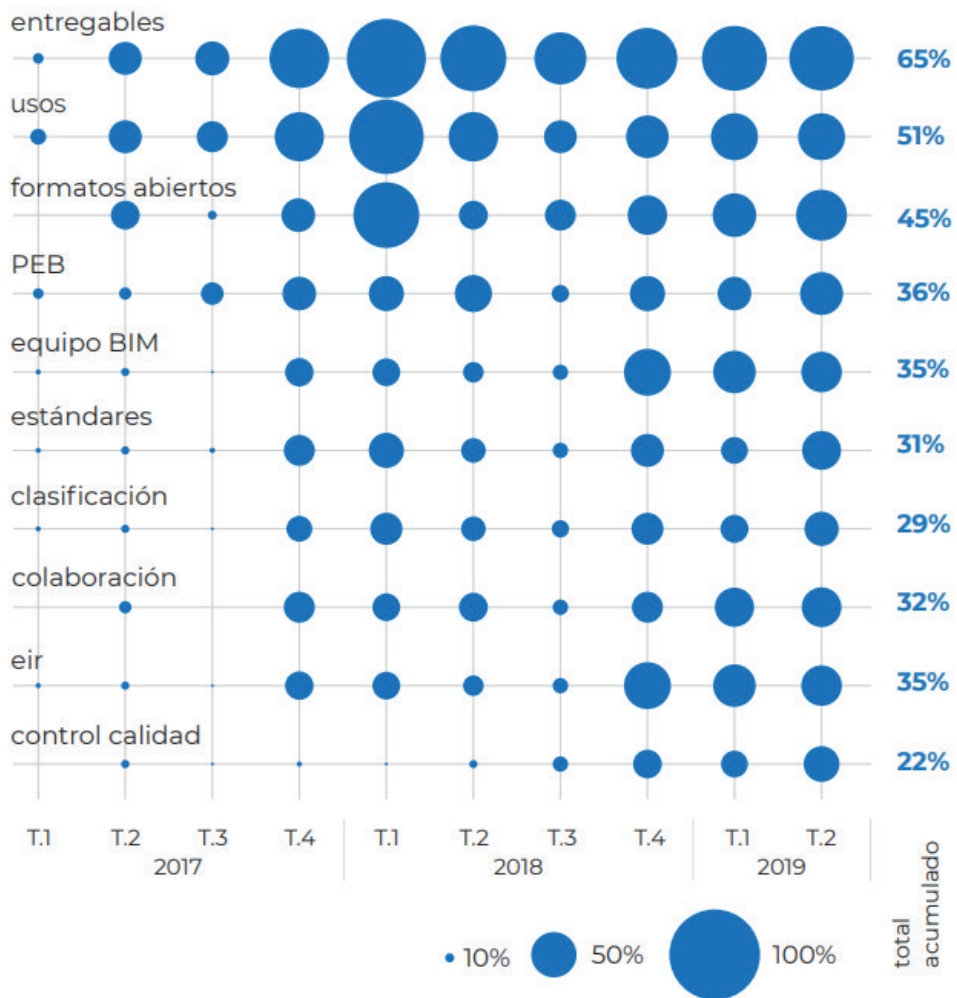


Figura 17. Evolución trimestral de los usos y entregables BIM en las licitaciones públicas con requisitos BIM en edificación.

USOS

- 1. Integración de disciplinas y coordinación 3D.
- 2. Documentación.
- 3. Mediciones.
- 4. Explotación y Mantenimiento.
- 5. Simulación Constructivo.
- 6. Visualización.
- 7. Otros.

ENTREGABLES

- A. Plan de Ejecución BIM.
- B. Planos extraídos del Modelo.
- C. Modelo en forma Nativo.
- D. Modelo en forma abierto.
- E. Archivo nativo \$D.
- F. Presupuesto integrado en el modelo.



Figura 31. Evolución trimestral de los usos y entregables BIM en las licitaciones públicas con requisitos BIM en infraestructuras.

USOS

1. Integración de disciplinas y coordinación 3D.
2. Documentación.
3. Mediciones.
4. Explotación y Mantenimiento.
5. Simulación Constructivo.
6. Visualización.
7. Otros.

ENTREGABLES

- A. Plan de Ejecución BIM.
- B. Planos extraídos del Modelo.
- C. Modelo en forma Nativo.
- D. Modelo en forma abierto.
- E. Archivo nativo \$D.
- F. Presupuesto integrado en el modelo.



Además, dicho informe también analiza la evolución trimestral de los usos y entregables BIM en las licitaciones públicas con requisitos BIM, tanto en edificación como en infraestructura.

Uno de los ejemplos más recientes es el de la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía (Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio), en cuyo pliego de prescripciones técnicas para el "Contrato de Servicios de Consultoría para la Redacción del Proyecto de la Infraestructura y Urbanización de la Prolongación Soterrada de la Línea 2 del Metro de Málaga al Hospital Civil" (EXPEDIENTE: T-MM6203/PPR0) incluye un ANEXO sobre requerimientos BIM.

En dicho anexo, incluye una tabla de Usos BIM con nombre de uso, breve descripción, fases del ciclo de vida y si aplica dicho uso o no en dicha fase:

Núm	Uso	Descripción	FASE 0 ANTEPRO- YECTO	FASE 1 PROY. CONSTRUC- TIVO	FASE 2 OBRA	FASE 3 EX- PLOTACIÓN MANTENI- MIENTO
			¿Aplica?	¿Aplica?	¿Aplica?	¿Aplica?
1	Información	Usar los modelos BIM como fuente única, estandarizada y centralizada de la información producida durante la redacción del anteproyecto y proyecto constructivo para su almacenamiento en el CDE y para una más coherente y uniforme transferencia de la información entre fases.	Sí	Sí	Sí	Sí
2	Modelado de condiciones existentes	Dispone de un modelo digital de los elementos de servicios estructurales de instalaciones existentes en el contexto del entorno urbano próximo a la zona del proyecto que sirva de soporte a la toma de decisiones en el futuro, donde se incluirán los datos geotécnicos.	No	Sí	Sí	Sí



3	Análisis de ingeniería	Dimensionamiento y definición de instalaciones, arquitectura e ingenierías, calidades y distribución para la optimización del equipamiento necesario para la explotación y el mantenimiento.	No	Sí	Sí	Sí
4	Análisis de ingeniería	Usar el modelo para poder realizar los análisis y comprobación de normativa. Estudios relativos a estudios de iluminación, ventilación gálibos, trayectorias, evacuación, etc.	No	Sí	Sí	Sí
5	Coordinación 3D	Mejorar la coordinación y coherencia del proyecto integrando el uso de los modelos BIM en los procesos de coordinación entre disciplinas, incluso terceros externos al proyecto.	No	Sí	Sí	Sí
6	Diseño del sistema constructivo	Uso de los modelos BIM potenciando su capacidad para supervisar, revisar modificar y complementar información del proyecto constructivo.	No	Sí	Sí	Sí
7	Estimación del coste y mediciones (5D)	Tener conocimiento del coste global a nivel de ratios (*) durante la fase 0 de las diferentes alternativas y en la fase 1 a nivel de mediciones (*) extraídas del modelo en un porcentaje representativo del PEM.	No (*) ratios €/ud	No	No	No
			No	Sí (*) ratio/€	Sí	Sí

8	Obtención de	Obtener documentación 2D a partir de los modelos BIM que sirva para aportar documentación gráfica necesaria para cubrir el alcance del proyecto contratado. Centralizar la producción de información 2D en los modelos BIM.	No	Sí	Sí	Sí
9	Planificación de fases (4D)	Análisis de los condicionantes temporales del global de la obra y de cada una de las fases, de su duración y de los cambios críticos de la ejecución.	No	Sí	Sí	Sí
10	Planificación y monitorización en fase constructiva	Programación y monitorización de la fase constructiva y sus posibles afectaciones al espacio público inmuebles y otras infraestructuras en 3D.	No	Sí	Sí	Sí
11	Gestión de activos	Disponer de un modelo digital de la infraestructura final que pueda ser transferido a un GMAO (Gestor de Mantenimiento y explotación) para la Explotación y mantenimiento del Metro.	No	Sí	Sí	Sí
12	Registro del Modelo	Representar las condiciones físicas de los elementos estructurales, arquitectónicos y MEP. Entrega del modelo as built con las instrucciones específicas para la operación y mantenimiento "gemelo digital"	No	Sí	Sí	Sí

13	Visualización y exposición	Visualizar las soluciones para facilitar la interpretación y la comunicación del proyecto. Analizar la integración de la infraestructura en el entorno urbano y su influencia en el tráfico y tránsitos peatonales.	No	Sí	Sí	Sí
14	Medio ambiente	Obtención de la Huella de Carbono de la solución proyectada mediante el uso de los modelos BIM y para su evaluación de impacto ambiental.	No	Sí	Sí	Sí
15	Generación de Infografías, VR y AR	Generación de información visual realista y renderizados para uso información pública y promoción de los trabajos realizados. Generación de visitas virtuales (VR) y realidad aumentada (AR) para la fase 2.	No	Sí	Sí	Sí
16	Simulaciones constructivas y de explotación	Uso de los modelos BIM para realizar simulaciones constructivas que permiten reducir riesgos e incertidumbres en la obra y la elección de los sistemas y procesos óptimos y seguros. También se usa para la planificación y simulación de desastres como evacuación de viajeros por humos.	No	Sí	Sí	Sí

De esta forma, la Administración Pública está asegurando los usos necesarios para cada fase, aunque es recomendable dejar abierta la posibilidad de que los licitadores tengan capacidad para, además de ofertar dichos usos, poder proponer otros que no hayan sido tenidos en cuenta en el pliego y que pudieran ser interesantes.

Por otro lado, también es recomendable que en los pliegos se describa de forma detallada cada uso y se relacione con los entregables, los formatos esperados, la metodología de ejecución del uso y la metodología de revisión esperados.

Por ejemplo, para el uso **Simulaciones Constructivas** sería recomendable que, en la redacción del pliego, se especifique que:

- El uso tiene que ver con la relación entre la planificación de la obra y los elementos de los modelos en formato IFC.
- El entregable esperado es un vídeo de la simulación constructiva en formato .avi.
- La metodología para el desarrollo de dicho uso será a través de un software que permita dicha relación entre elementos IFC y la planificación en formato diagrama de Gantt.
- La Administración Pública revisará el cumplimiento de dicho uso mediante reuniones online en las que el licitador muestre dicha relación y/o a través de software libre.

También es recomendable, en particular en la fase de Construcción, especificar quién se espera que sea el responsable del uso. Esto se debe a que en fase de Construcción intervienen dos tipologías de empresas con cometidos diferentes: la constructora y el equipo de Dirección de Obra. Esto, habitualmente, no suele estar claro.

Finalmente, es necesario tener en cuenta durante la redacción de los pliegos que hay usos que pueden no aplicar al contrato en cuestión. Por ejemplo, un uso de Monitorización del Plan de Obra no tiene sentido solicitarlo en fase de Proyecto Constructivo, pues aún no ha dado comienzo la obra. De la misma manera que solicitar el uso de Gestión de Activos en fase de Proyecto constructivo tampoco lo tiene, al no estar ejecutada la obra con los componentes/máquinas finalmente adquiridos y puestos en marcha.

En cualquier caso, cada vez va a ser más habitual encontrar en los pliegos técnicos tablas similares como la mostrada sobre usos y fases.

5

EVALUACIÓN DE NECESIDADES Y DEFINICIÓN DE REQUISITOS. OBJETIVOS Y USOS BIM

- 5.1. De las necesidades a los requisitos.
- 5.2. De los objetivos a los usos BIM.
- 5.3. Caracterización de usos BIM.
- 5.4. Tipología de usos BIM.
- 5.5. Integralidad en la gestión basada en usos BIM.
- 5.6. De los usos "OPENBIM".
- 5.7. Usos BIM aplicables al sector de la construcción.

5.1. DE LAS NECESIDADES A LOS REQUISITOS

La incorporación de la tecnología y la digitalización en la construcción ha de ser vista como una oportunidad de los diferentes agentes intervinientes para, hablando claro, hacer mejor las cosas.

Las palabras trazabilidad y transparencia tienen un rol cada vez más determinante en una ciudadanía que busca sentirse más participativa en la toma de decisiones, saber cómo se hacen las cosas, la procedencia de los materiales que consumimos, la gestión de la inversión pública, su impacto en su día a día...

En este sentido, la construcción, al igual que otros sectores, ha de saber internalizar estas nuevas necesidades y proyectarlas en la información que se va generando durante el ciclo de vida de un activo. La metodología BIM y los requisitos asociados a ella son una oportunidad para las administraciones para dar respuesta a estas necesidades ciudadanas.

Desde la perspectiva de la Administración, los requisitos BIM que puedan incorporarse a los pliegos de contratación han de entenderse como un medio para dotar de mayor y mejor visibilidad la toma de decisiones. Esta visibilidad se puede traducir en un sinnúmero de pequeñas acciones, beneficiadas por aporte combinado de técnica y tecnología de la metodología BIM: un mayor control de la obra desde el punto de vista presupuestario, la capacidad de réplica en la supervisión de proyecto a proyecto, una mayor colaboración con los agentes y organismos involucrados, una mayor capacidad de compartir y difundir a la ciudadanía la intención del diseño para justificar la inversión, etc.

Para vehicular estas mejoras, los técnicos de la Administración han de saber identificar de forma clara los objetivos y bondades que pueden aportar los modelos BIM para el contrato en cuestión (de proyecto, de obra, de asistencia técnica...).

Estos objetivos pueden responder a varios factores, pero en general responden a una mayor capacidad de análisis de las variables que ya formaban parte de un proceso normal en el diseño u obra. Con la evolución de la madurez tecnológica, se tiene un mejor acceso a la información. Esto permite dotar de mayor solvencia, rigor y calidad a la toma de decisiones. Lo que hace unos años podía parecer complejo desde el punto de vista tecnológico, hoy en día es realizable por medios accesibles a cualquier técnico, sin necesidad de ser un tecnólogo. El enorme aporte de la metodología BIM a los procesos de supervisión de una administración pública ha de ser entendido como "unos mejores ojos para ver lo mismo", como una serie de herramientas y procesos para supervisar proyectos y obras del siglo XXI en el siglo XXI.



Cualquier incorporación de requisitos BIM en los contratos de la Administración tiene que venir acompañado en un plazo razonable de una mayor capacidad y eficiencia de los técnicos en el desempeño de su labor técnica.

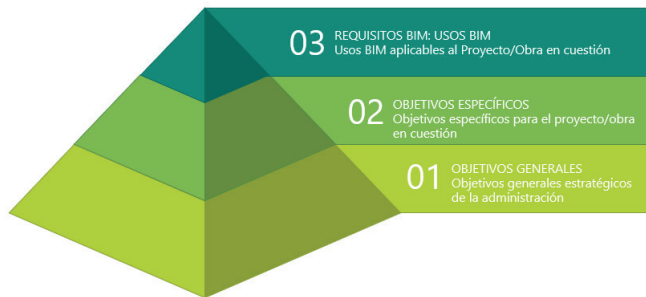
Para ello, previo a embarcarse en la incorporación de requisitos BIM en sus pliegos, las administraciones tienen que analizar y consensuar internamente cuales son los objetivos buscados con la metodología BIM. Es tan "fácil" como responder a unas preguntas sencillas: ¿qué queremos de BIM? y ¿qué nos va a aportar y en qué medida nos puede facilitar la vida sin disminuir (e incluso aumentando) el rigor de nuestro trabajo de supervisión? Esto no es una labor individual de los técnicos, sino una tarea consensuada entre técnicos y departamentos de una administración para plantear una estrategia global e integral. De este análisis integral y colaborativo pueden derivar objetivos como:

- Digitalizar el proceso de redacción de proyectos, de seguimiento de obra, de registro de obra ejecutada, etc.
- Proporcionar soporte digital y de mayor calidad en la toma de decisiones de los técnicos, basado éste en el trabajo con modelos tridimensionales visualizados en visores gratuitos.
- Tener una mayor capacidad de control del diseño, empoderando a través de la tecnología la toma de decisiones desde el punto de vista:
 - Técnico (complejidad de diseño propuesto).
 - Constructivo (implicaciones y retos constructivos de las diferentes alternativas).
 - Económico (ajuste, control y seguimiento presupuestario).
 - Ambiental (afecciones a cauces, huella de carbono de soluciones...).
 - Social (externalidades sociales negativas ocasionadas, implicaciones y afecciones a los ciudadanos durante la ejecución de los trabajos y tras la obra).
 - De conservación y mantenimiento (involucrar desde fases tempranas esta variable en la toma de decisiones).
- Apoyar la transferencia abierta y transparente de información desde el diseño a las fases de Operación, Mantenimiento y Explotación.
- Potenciar la generación de procedimientos y reglas que favorezcan la supervisión digital y estandarizada de proyectos y obras en un departamento.

- Facilitar y agilizar el acceso a la información de contratos anteriores de los técnicos de las administraciones buscando criterios estandarizados de archivo centralizado digital de documentación.
- Lograr una mayor transparencia en la gestión de la inversión pública de cara a la ciudadanía.
- Mejorar la comunicación e intercambio de información entre los agentes involucrados.

Es importante también para las administraciones definir puntos clave de supervisión de los objetivos que permitan que sus resultados y avances sean medibles, auditables y con capacidad para volverse a replantear, en caso de ser requerido.

5.2. DE LOS OBJETIVOS A LOS USOS BIM



De los objetivos BIM a los Usos BIM (fuente propia).

Habiendo definido estos objetivos generales, se han de trasladar a unos objetivos específicos para el objeto del contrato. Éstos, particularizados para la tipología de contrato en cuestión, son los que van a determinar la incorporación de unos u otros requisitos BIM.

Así, en función de los objetivos generales de la administración en cuestión y de los específicos para el proyecto/obra, se definirán unos Usos BIM que serán los que acoten y dirijan en gran medida el alcance y metas buscadas por la Administración para ese contrato.

5.3. CARACTERIZACIÓN DE USOS BIM

Se definen los Usos BIM como tareas individuales y que se realizan como parte de los contratos con la Administración. Para ésta, utilizar como base los modelos BIM tiene un valor añadido.

Estos usos acotan y delimitan en gran medida el alcance de los trabajos que las empresas han de realizar como parte de su contrato y que la Administración debe exigir como parte de sus requerimientos BIM.

Dentro del conjunto de Usos BIM que pueden ser requeridos, habrá usos que busquen incidir y aportar mejoras en la fase específica en la que éstos son requeridos. Se trata de aquellos que buscan, por ejemplo, que los planos de ese contrato vengan de un modelo BIM o que se usen los modelos para hacer un seguimiento de las obras. Para estos usos, una vez acabado el contrato, las ventajas que aporta el Uso BIM se paran. Pero hay otros que van orientados a incidir y aportar mejoras, no en la fase en la que son requeridos, sino en la fase posterior. De esta manera, buscan allanar el camino de los agentes que vienen en fases posteriores en el ciclo de vida del activo en cuestión. Así, hablamos de los Usos BIM que van dirigidos a mejorar la calidad de la información transferida a la fase posterior, a generar un archivo digital real y homogéneo del activo construido, a facilitar la preparación y acceso de información para la conservación y el mantenimiento en la fase de obra o a facilitar un registro uniforme estandarizado y homogéneo de información en esa Administración. Esto permite que, en la vida del activo, se pueda acceder a documentación centralizada y fidedigna del mismo.

Este hecho facilita y promueve la comunicación entre los diferentes departamentos componen una administración. Promueve la colaboración interdepartamental en las administraciones. Esto provoca que la capacidad de abarcar la integralidad del ciclo de un activo pase porque los técnicos de un departamento incorporen en sus contratos ciertos requerimientos que no tengan directamente un impacto en su contrato, pero que facilite y prepare la información para otros departamentos. Consiste, por ejemplo, en que el departamento de supervisión de obras incorpore Usos BIM en sus pliegos para que faciliten el trabajo del departamento de conservación de carreteras.

Este planteamiento colaborativo es clave para lograr que las administraciones, con la metodología contractual del sistema público que separa en contratos de diseño, obra y explotación, saquen partido al pensamiento del ciclo de vida integral en la gestión de las infraestructuras.

5.4. TIPOLOGÍA DE USOS BIM

Hay una gran bibliografía de la aplicación y definición de Usos BIM a nivel nacional e internacional que no es el objetivo recoger en esta guía, si bien encontramos referencias en el capítulo 2.

Destacan, a nivel internacional, la definición de Usos BIM de la guía BIM Execution Planning Guide de la Universidad de Pensilvania, que recoge el uso y aplicación de 25 Usos BIM repartidos en las diferentes fases del ciclo de vida de los activos. Esta clasificación, aunque referencia a nivel internacional, adolece de tener un planteamiento más orientado al sector de la edificación que al de la obra civil.

A nivel nacional, destacan las iniciativas de diferentes administraciones que han hecho un esfuerzo por normalizar los requerimientos asociados a los Usos BIM. Es el caso del Manual BIM de Infraestructuras de Catalunya, de la Guía para la Elaboración del Plan de Ejecución BIM del Ministerio de Fomento o el Manual BIM de Puertos del Estado.

Todos ellos listan y definen una serie de Usos BIM que podrán ser de aplicación en las diferentes fases del ciclo de vida de un activo.

Esta guía lista y resume someramente una serie de Usos BIM vinculados a los objetivos descritos anteriormente, que están, además, alineados con la propuesta de usos de la Guía de Elaboración del Plan de Ejecución BIM del Ministerio de Fomento.

Se incluye a continuación una tabla de resumen de los Usos BIM con la incidencia de los mismos en las diferentes fases. Se distinguen Usos BIM que son de aplicación en el ciclo de vida integral y otros que sólo se incorporan a una o varias fases específicas.

Condiciones existentes
Visualización y diseño 3D
Coordinación 3D
Obtención de documentación 2D
Obtención de mediciones infografías y recorridos virtuales (realidad virtual y realidad aumentada)
Medio ambiente
Simulaciones
validación de normativa
Replanteo de obra
Seguimiento do obra
Logística, acopio y gestión del espacio público
Inventariado digital
Registro de obra ejecutada (modelo as built)
Alimentación del sistema de gestión
Conservación y mantenimiento

Tabla de Usos BIM más comunes (fuente propia).

Las administraciones que incorporen en sus licitaciones requisitos BIM, podrán escoger dentro de la lista de Usos BIM disponibles en la guía que tomen de referencia aquellos que aportan un valor especial al contrato en cuestión o a contratos posteriores.

Es importante resaltar que la exigencia de más Usos BIM en un contrato siguiendo la filosofía del “no sé qué son, pido todos por si acaso” no es una garantía de mayor éxito. La filosofía del “menos es más” ha de ser tomada como referencia especialmente en fases iniciales de implantación de requisitos BIM con el objetivo de ir dando pasos cortos pero firmes que permitan a los técnicos y familiarizándose e internalizando procedimientos de supervisión y seguimiento de los diferentes Usos BIM.

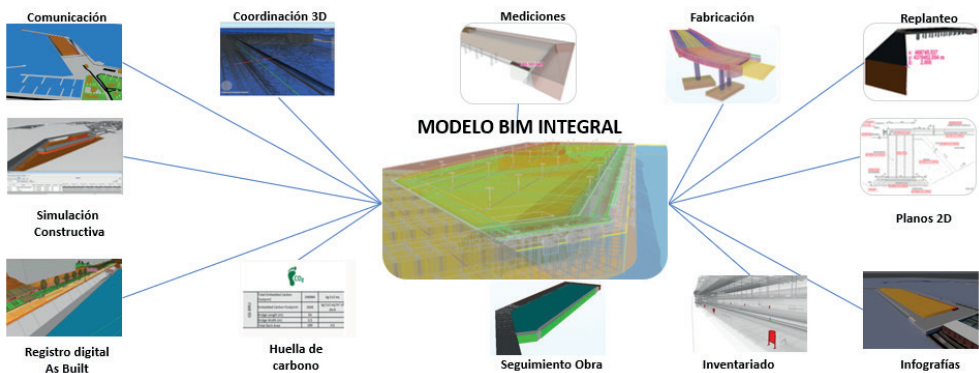
En esta línea, si estamos incorporando requerimientos BIM en un primer proyecto piloto de una obra, no sería una buena práctica empezar por usos complejos como el seguimiento (y certificación) de obra sino por usos como coordinación 3D y registro as built que son más sencillos de acometer y permiten la familiarización paulatina de los técnicos en herramientas de supervisión BIM.

5.5. INTEGRALIDAD EN LA GESTIÓN BASADA EN USOS BIM

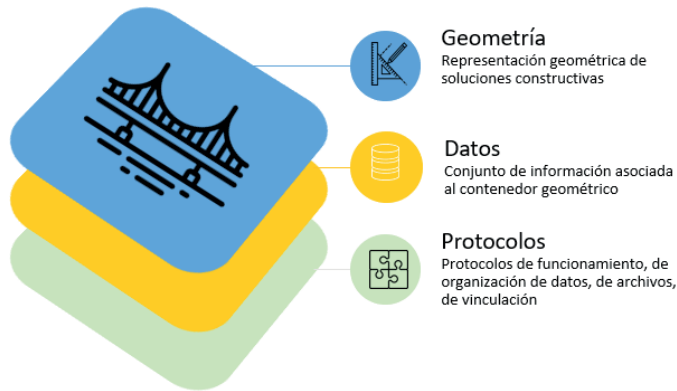
La base de la metodología BIM es entender el modelo BIM como un medio tecnológico para dotar a los entregables tradicionales de mayor rigor, trazabilidad y transparencia. Las relaciones contractuales no se ven alteradas actualmente y los modelos y la ejecución de los Usos BIM están al servicio de los entregables tradicionales. Todo apunta a que tardarán en verse desplazados por otros más digitales en la Administración Pública.

Cuando analizamos los Usos BIM, identificamos que muchos de ellos, individualmente, no tienen un valor tal que merezca la pena el esfuerzo de levantar una maqueta tridimensional exclusivamente para ese uso. Es el caso por ejemplo del Uso BIM inventariado digital. Por sí solo, no se justifica (a priori) la necesidad de hacer un modelo BIM para la consecución de ese Uso BIM. Pero si para esa obra se está haciendo un modelo BIM para coordinación y para registro as built de lo ejecutado, el tiempo extra adicional que lleva usar esos modelos para hacer el inventariado digital es mínimo y, por ello, un valor que tener en consideración.

Desde esa perspectiva integral, las administraciones tienen que analizar y valorar el aporte integral de los modelos BIM para dar soporte en la mayor parte de decisiones independientes posibles.



Modelo BIM como modelo integral



Modelo BIM como método de datos (fuente propia).

Hacer esto no implica la realización de modelos BIM individuales para cada uno de los usos. El concepto de integralidad de la gestión BIM permite que con un modelo de referencia se pueda alimentar con suficiente información el trabajo en cada uno de los usos.

En función del Uso BIM en cuestión, se alimentará de información de carácter gráfico, de datos o de una mezcla de ambos. Esto lo permite y lo potencia el hecho de que los modelos BIM sean una base de datos protocolizada asociada a un modelo tridimensional.

Es tarea de los técnicos de las administraciones definir los protocolos de datos necesarios para dar respuestas a los Usos BIM requeridos.

5.6. DE LOS USOS “OPENBIM”

Es importante recalcar que la integralidad de los Objetivos y Usos BIM se han de plantear desde un enfoque abierto que permita y potencie la libre concurrencia de empresas y de soluciones tecnológicas (software y hardware).

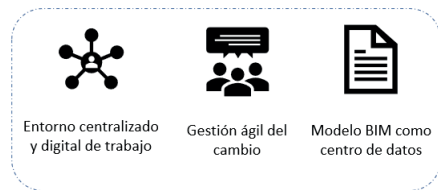
Por ello, se hace hincapié en este apartado en el planteamiento de cada uno de los Usos BIM desde una perspectiva “OpenBIM”, incluyendo una nota adicional descriptiva de cada uno de los Usos BIM desde ese enfoque.

5.7.USOS BIM APLICABLES AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Esta guía busca aportar información adicional y complementaria a las guías ya existentes. Para mantener la coherencia e integralidad de la estrategia a nivel estatal, se ha usado como referencia la nomenclatura de Usos BIM dispuestos en la Guía de Elaboración del Plan de Ejecución BIM del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

5.7.1. INFORMACIÓN CENTRALIZADA

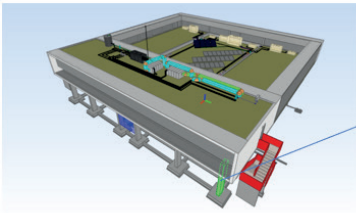
Se busca el uso de los modelos de información como una fuente única, centralizada y estandarizada de información coherente y no redundante de los datos generados en cada una de las fases del activo.



Se busca dotar a los modelos BIM de la estructura que le permita ser un centro de datos uniformizados, estandarizados (que faciliten las labores documentales) y de registro de la información producida en el ciclo de vida del activo.

Estos modelos y el resto de información de interés para el conjunto de agentes participantes y generada durante el contrato deberán seguir una estrategia de organización centralizada y colaborativa de información y una nomenclatura de archivos alineados con las directrices de las ISO 9001 y 19560.

Este planteamiento garantizará la relación unívoca entre los elementos contenidos en los modelos y resto de información producida durante el contrato. Esta relación estará vehiculada a través de los parámetros contenidos en los modelos, mediante "urls" que hagan llamadas a información contenida en el repositorio de información.



04_PdE_Obra		
04_01_PdE_Controles de Calidad	url*	URL a la ubicación en el CDE de los controles de calidad.
04_02_PdE_Fotografías	url*	URL a la ubicación en el CDE de las fotografías.
04_03_PdE_Seguridad y Salud	url*	URL a la ubicación en el CDE de la información de Seguridad y Salud.
04_04_PdE_Informes de Aprobación	url*	URL a la ubicación en el CDE de los Informes de Aprobación.
04_05_PdE_Certificaciones	url*	URL a la ubicación en el CDE de las certificaciones.
04_06_PdE_Planos As Built	url*	URL a la ubicación en el CDE de los planos As Built.
04_07_PdE_MedioAmbiente	url*	URL a la ubicación en el CDE de documentación.

Modelo de diseño de CIP Granadilla (Ingreen – APSCF)

NOTA OPENBIM. La estructura de datos de los archivos ".ifc" permite la incorporación de parámetros que contengan "urls" adonde el resto de documentación está alojada. Además, unos protocolos de datos estandarizados de los archivos ".ifc" permiten una total homogeneidad de información, independientemente del software nativo utilizado.

5.7.2.CONDICIONES EXISTENTES

Consiste en el levantamiento del conjunto de condicionantes existentes en un entorno tridimensional que permita su incorporación desde fases tempranas del proyecto.

Cuando hacemos referencia a condiciones existentes hablamos de:

- Redes de servicios existentes digitalizadas, provenientes de un GIS.
- Áreas de exclusión, parcelarios, zonas de protección medioambiental, etc.
- Infraestructuras existentes que se ven parcial o totalmente afectadas por los trabajos, que se incorporan en el proceso a través de escaneados, y posterior modelado de la infraestructura existente (scan to BIM).
- Levantamiento de los condicionantes geotécnicos a partir de sondeos, catas y ensayos realizados que permitan caracterizar los diferentes sustratos que componen los terrenos. El objetivo es diferenciar por tipos de terreno las excavaciones, definir los métodos, las tipologías constructivas y los trazados óptimos para el diseño, entre otros.

Es importante mencionar que estos modelos de condiciones existentes serán más o menos detallados en función del uso que se vaya a dar de ellos. Si se incluyen para la pronta referencia de elementos existentes, su nivel de detalle (LOD) no necesitará ser alto. En casos en los que sean superficies que son usadas como referencia para cubicaciones de movimientos de tierras del proyecto en cuestión, sí deberán tener un mayor grado de exactitud.

NOTA OPENBIM. Con independencia del software usado para su levantamiento, estos modelos deberán ser exportados a formato ".ifc" y permitir su visualización e integración en el flujo de diseño con archivo abierto OpenBIM mediante visores gratuitos.

5.7.3. VISUALIZACIÓN Y DISEÑO 3D



Modelo de diseño de enlace (Ingreen – TPF).

Consiste en usar los modelos para comunicar información visual entre los agentes durante la duración del contrato. De forma periódica, se entregarán a los técnicos de la Administración actualizaciones de los modelos de avance para vehicular a través de modelos tridimensionales el proceso de diseño de una infraestructura. Se permite, así, al conjunto de los agentes intervinientes desarrollar su labor técnica en mejores condiciones, utilizando la capacidad de visualización de los visores BIM gratuitos.

Estos modelos son útiles para comunicar información visual, espacial y funcional. El uso periódico de los modelos BIM favorece la visualización del avance de los trabajos permitiendo una mejor comprensión de los procesos y una más fácil anticipación en la toma de decisiones.

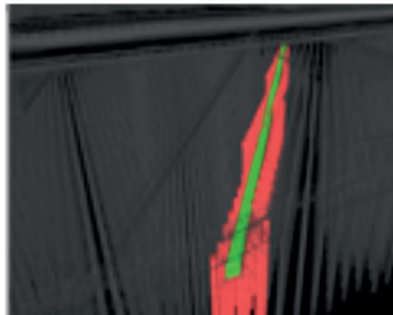
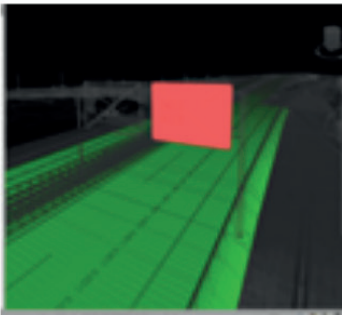
El alcance y tipo de los elementos que tienen que contener los niveles de detalle y de información deberán venir definidos dentro de los requisitos BIM.

NOTA OPENBIM. Con independencia del software usado, estos modelos deberán ser exportados a formato ".ifc" y permitir su visualización e integración en el flujo de diseño con archivo abierto OpenBIM mediante visores gratuitos.

5.7.4. COORDINACIÓN 3D

Consiste en usar los modelos para la coordinación en la ubicación de elementos teniendo en cuenta sus requerimientos funcionales, espaciales, normativos y de accesibilidad.

Los diferentes modelos que componen el proyecto/obra serán puestos en común en el denominado modelo federado. Este modelo es el resultado de la superposición de los diferentes modelos que conforman el proyecto compartiendo coordenadas y escala.



Control de interferencias (Ingreen – TPF).

Este Uso BIM tiene por objetivo mejorar la coordinación de los proyectos, integrando el uso de los modelos BIM en los procesos de coordinación entre los agentes intervinientes permitiendo una pronta y temprana identificación de interferencias y colisiones que puedan tener impactos durante el proceso de construcción.

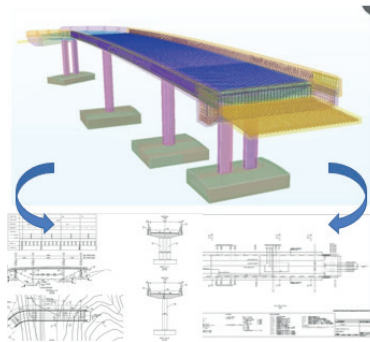
Se denomina interferencia en el entorno digital cuando hay dos elementos que ocupan el mismo espacio físico (digital) o cuando un cierto espacio libre necesario entre dos elementos no es respetado (no cumple gálibo).

Por medio de parámetros incorporados a los elementos de los modelos, se pueden sistematizar los estudios de interferencias definiendo qué elementos generan interferencias relevantes desde el punto de vista constructivo. Esta sistematización de estudios de interferencias se realiza a través de plantillas de control de interferencias que suelen generarse al comienzo de los contratos como parte del Plan de Ejecución BIM.

NOTA OPENBIM: Con independencia del software usado, estos modelos deberán ser exportados a formato ".ifc" para poder realizar la coordinación 3D con el software a elección. Además, si estos modelos en ".ifc" incorporan parámetros de caracterización de elementos, puede automatizarse el estudio de interferencias mediante plantillas de trabajo preestablecidas.

5.7.5.OBTENCIÓN DE DOCUMENTACIÓN 2D

Se trata del uso de los modelos BIM como fuente principal de documentación 2D del contrato, garantizando un mayor grado de coherencia entre la documentación de los planos y el resto de documentos del proyecto (presupuesto, memoria, pliegos...).



Extracción de planos basado en modelos (Ingreen – Degree of Freedom).

El Uso BIM Documentación 2D busca garantizar la coherencia de la información contenida en los planos. Mediante este uso, se promueve la generación de planos provenientes de vistas y secciones de los modelos 3D, una vez coordinadas y verificado que están libres de interferencias relevantes. Esto es una garantía de coherencia, trazabilidad y unicidad de información entre planta, alzados y secciones.

Cabe señalar que no se espera la obtención de toda la documentación proveniente de los modelos BIM. Es admisible que cierta información de detalle pueda provenir de detalles en CAD, los cuales se superponen a las formas generales provenientes de los modelos BIM.

Es clave la determinación de la documentación que se extrae de los modelos BIM y la que no, la cual vendrá claramente identificada al principio del proyecto. Así, se requerirá que todos los planos que no provengan de los modelos BIM estén identificados debidamente por medio de una señal a pactar. En el caso de que el plano tenga información de distinta procedencia, se discriminará dentro del propio plano.

NOTA OPENBIM. Los visores gratuitos permiten hacer secciones y vistas de los modelos en “.ifc”, que pueden compararse visualmente con los planos para comprobar la procedencia de los mismos.

5.7.6. OBTENCIÓN DE MEDICIONES

El Uso BIM Mediciones tiene como objetivo garantizar la trazabilidad y la coherencia de las mediciones contenidas en los proyectos. Los modelos BIM en formato abierto, estructurados con información clasificada y estandarizada, garantizan un mayor grado de trazabilidad y capacidad de seguimiento para las partidas que componen el desglose por capítulos del presupuesto. Esto se consigue a través de la incorporación de los códigos de unidades de obra en los elementos que componen los modelos BIM.

En la definición de las unidades de obra (cuadros de precios), quedará reflejado si la unidad está incluida en los modelos tridimensionales de información y será obligatorio seguir la misma codificación de unidades en todos los documentos (PPTP y presupuesto).

Aunque desde el punto de vista de la eficiencia en la gestión de mediciones se está avanzando en la vinculación automática de software de extracción de mediciones (software nativo de trabajo) con el software de presupuesto, en fechas de redacción de esta versión de la guía no es posible hacerlo con la mayoría de las soluciones comerciales en obra civil. El avance y valor añadido de incluir este Uso BIM reside en la trazabilidad que genera poder supervisar fácilmente un presupuesto a través de las mediciones de los elementos que componen los modelos BIM.

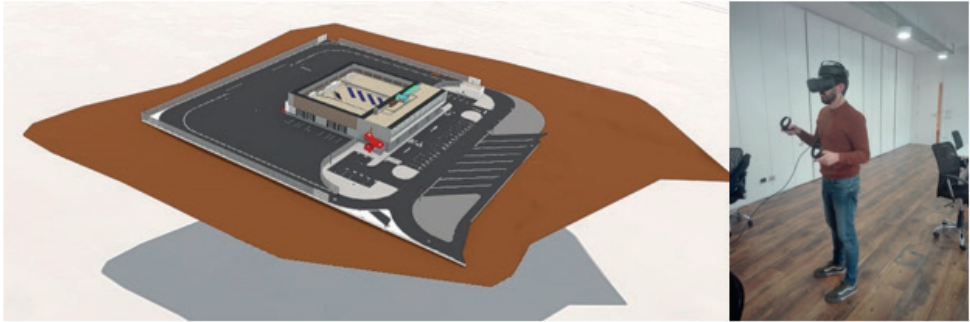
Cabe diferenciar las relaciones de los elementos de los modelos BIM con las mediciones contenidas en el presupuesto. Hay mediciones de los elementos BIM que tienen una relación uno a uno con las mediciones del presupuesto, otras que representan una medición auxiliar y, finalmente, existen mediciones del presupuesto que no tienen vinculación con los elementos BIM. En los códigos de las unidades de obra debería estar identificada esa relación y se deberá incluir también una justificación de las mediciones incluidas en el presupuesto.

Tanto en el sector de la obra civil como en la edificación es un objetivo razonable garantizar la trazabilidad de un 70% del coste económico de la inversión (PEM) a partir de los elementos modelados. La diferencia principal entre uno y otro es que ese objetivo del 70% se puede conseguir con unas 20 unidades de obra en obra civil y para ese mismo objetivo se pueden requerir hasta 100 unidades de obra en edificación.

NOTA OPENBIM. La incorporación en los elementos de los modelos en “.ifc” de parámetros que hagan referencia al capítulo, subcapítulo y código de la unidad de obra del presupuesto permite una ágil y valiosa supervisión de presupuesto con herramientas de visualización.

5.7.7. INFOGRAFÍAS Y RECORRIDOS VIRTUALES

Consiste en generar infografías y visualizaciones a través de los modelos BIM. Estas infografías y visualizaciones aportan un gran valor para compartir y difundir las intenciones de diseño y los procesos de avance.



Técnico operando modelo CIP de la APSCTF con gafas de realidad virtual.

En una época en la que la transparencia es cada vez más relevante en la gestión de las inversiones públicas, las administraciones pueden utilizar este uso para generar documentación que compartir con la ciudadanía.

De la misma forma, la incorporación de la realidad virtual en el sector de la construcción permite realizar inmersiones en los modelos generados e incluso usar digitalmente una infraestructura diseñada.

NOTA OPENBIM. Los softwares de renderizado y realidad virtual no están preparados en la actualidad para trabajar de forma fluida con modelos en ".ifc". Es de esperar que haya una tendencia progresiva a mejorarlo.



5.7.8. MEDIO AMBIENTE

Uso de los modelos BIM para la determinación de la huella de carbono de la solución proyectada.

De forma equivalente a la estrategia de vinculación de los elementos de los modelos BIM al presupuesto, los elementos de los modelos pueden ser la base digital para el registro de la huella de carbono, asociada a los diferentes elementos constitutivos de la obra. En ella, se tendrán en consideración la materia prima empleada, los medios de fabricación, la procedencia y el transporte a la zona y los medios constructivos dispuestos. Igualmente, pueden incorporarse el impacto asociado a los medios necesarios para su conservación y mantenimiento.

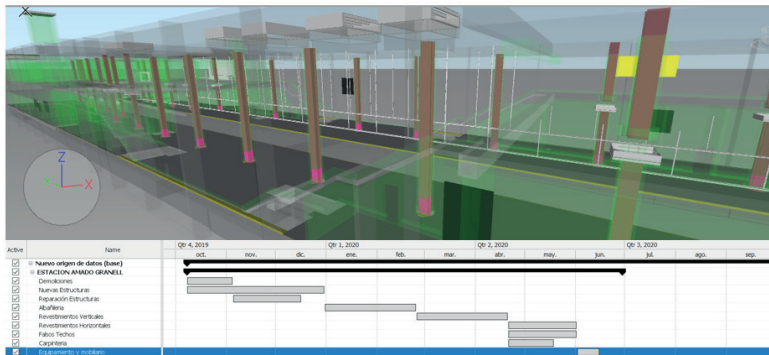
Los elementos de los modelos BIM deberán contener una referencia a los datos ambientales del elemento. En concreto, al factor de emisión asociado a la unidad de medición.

La incorporación de la huella de carbono como registro ambiental de los impactos generados en una obra permite también la realización de declaraciones ambientales de producto (DAP) de las soluciones constructivas. Estas DAP podrán ser usadas para optimizar y reducir las soluciones constructivas con el fin de construir infraestructuras más sostenibles medioambientalmente, que minimicen el impacto de huella de carbono y planteando incluso la creación de infraestructuras neutras en carbono.

NOTA OPENBIM. Los elementos de los modelos BIM exportados a ".ifc" contendrán los parámetros requeridos para el análisis de huella de carbono.

5.7.9.SIMULACIONES CONSTRUCTIVAS

El Uso BIM de simulaciones constructivas tiene por objetivo incorporar en un entorno visual y digital la planificación de obra preparada tanto para fase de proyecto como de obra.



Simulación constructiva estación metro (FGV).

Consiste en asociar a los elementos de los modelos BIM la fase específica de obra a la que pertenece.

Durante la fase de proyecto, los modelos BIM podrán ser usados para mostrar los procesos y métodos constructivos propuestos.

Durante la obra, los modelos BIM pueden ser usados para realizar simulaciones constructivas, permitiendo integrar y comparar planificación prevista de obra con avance real.

Periódicamente, se podrán generar visualizaciones de planificación de obra, actualizadas al avance real de los tajos que permitan comparar de forma ágil y visual las divergencias (si existiesen) entre lo previsto y lo real. Esto permite de la misma forma el monitoreo del proceso constructivo y la identificación temprana de fases que puedan ser conflictivas, logrando procesos constructivos más fiables.

NOTA OPENBIM. La incorporación de parámetros específicos de las fases constructivas a las que pertenecen los elementos en los modelos en ".ifc" permite automatizar la vinculación del plan de obra con elementos de los modelos BIM



5.7.10. SIMULACIONES Y ANÁLISIS

Consiste en usar los modelos para realizar simulaciones de diversa índole. Se listan en este uso una serie de simulaciones que, aunque en desarrollo, se consideran relevante mencionar.

5.7.10.1. DE TRÁFICO

Se busca incorporar estudios de tráfico dinámicos basados en modelos BIM durante el proceso de diseño.

5.7.10.2. DE EVACUACIÓN

Uso de los modelos BIM para el diseño y evaluación de las vías de evacuación seguras durante la fase de explotación de una infraestructura.

5.7.10.3. SIMULACIONES ENERGÉTICAS

Uso de los modelos BIM para el diseño de equipamientos e instalaciones que internalicen los criterios de eficiencia energética, incorporando en la toma de decisiones los costes energéticos del ciclo de vida integral de su vida útil.

5.7.10.4. SIMULACIONES DE VENTILACIÓN

Uso de los modelos BIM para el análisis CFD (Computational Fluid Dynamics) de ventilación de los túneles y para el correcto dimensionamiento de los dispositivos de ventilación.

5.7.10.5. SIMULACIONES DE ILUMINACIÓN

Uso de los modelos BIM para el diseño de la iluminación eficaz y eficiente en infraestructuras.

5.7.10.6. SIMULACIONES ACÚSTICAS

Uso de los modelos BIM para el diseño de sistemas acústicos que minimicen el impacto y afección al entorno, tanto durante el uso de la infraestructura como durante la fase de obra

5.7.10.7. COMPENSACIÓN DE MASAS Y GESTIÓN DE RESIDUOS DE EXCAVACIÓN

Uso de los modelos BIM para optimizar digitalmente los trabajos de compensación de masas de tierras en trazados y realizar una gestión, un diseño y un dimensionado de la logística de transporte a vertedero de las tierras resultantes de excavaciones. Estos modelos son usados para el análisis de los aspectos relacionados con sobrantes y con excedentes de excavación y su gestión.

5.7.10.8. VISIBILIDAD Y PUNTOS CIEGOS

Uso de los modelos BIM para hacer simulaciones de visibilidad y puntos ciegos, pudiendo incorporar y añadir las ventajas del Uso BIM Realidad Virtual para transitar en infraestructuras en realidad virtual. Se detectan así patologías en visibilidad y puntos ciegos.

5.7.11. VALIDACIÓN DE NORMATIVA

Usar los modelos BIM preparados para validar normativa de referencia es un uso con un potencial muy alto. Sirve para automatizar la supervisión de proyectos por parte de la Administración, estando aún en desarrollo.

Se han realizado avances en el ámbito del trazado de carreteras con la incorporación de la alineación a los formatos de intercambio .ifc (IFC 4.1 alignment).

Quedan pendientes avances en la misma línea para la validación de estructuras.

NOTA OPENBIM. Se están haciendo avances importantes en la validación de normativa, tomando como partida los modelos en formato ".ifc". Este es un campo que experimentará un mayor desarrollo los próximos años gracias a la evolución del formato "ifc" y a la inclusión de entidades propias de la obra civil.

5.7.12. REPLANTEO DE OBRA

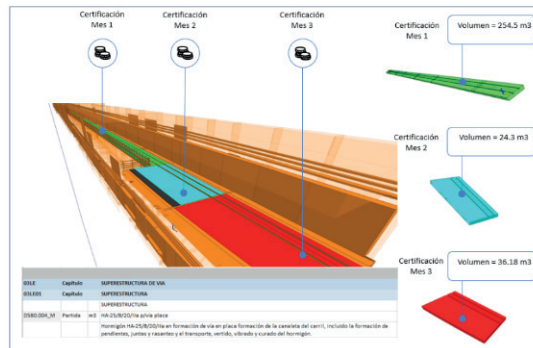
Con el avance de la capacidad de los softwares de trabajo de realizar modelos BIM de formas "exactas" y geoposicionados, se puede plantear su utilización como base de replanteo de las obras. La incorporación de los modelos BIM a los sistemas GPS de las obras abre las puertas a su gestión digital basada en modelos BIM.

NOTA OPENBIM. Deberá promoverse la gestión del replanteo de obras basada en modelos en formato abierto que permita la libre competencia y concurrencia. Actualmente existen formatos abiertos como el ".dxf" o el ".landxml", utilizados en el sector de la construcción como vehículo de datos geométricos que complementan los modelos en ".ifc".

5.7.13. SEGUIMIENTO DE OBRA

Se busca con este uso promover y potenciar la gestión digital de las obras. Unos modelos BIM con elementos estructurados, con base de datos organizada, pueden permitir un seguimiento periódico de los avances de las obras.

Algunas administraciones como Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (FGV) están, actualmente, certificando unidades de obra en base a modelos BIM en ciertos proyectos.



Modelo de certificación mensual 1.

Si estos modelos son actualizados periódicamente en base al avance realizado en obra ejecutada pueden servir de base transparente y objetiva de certificaciones mensuales de las unidades de obra.

Este uso es posiblemente uno de los Usos BIM más exigentes, ya que tiene una incidencia clara y directa sobre los procedimientos de certificación mensual de obra actuales. Mensualmente, se generan avances de los modelos que representan las obras ejecutadas hasta el momento de la certificación. Estos modelos estarán compuestos de elementos con parámetros que permitan diferenciar y medir claramente lo que es objeto de la certificación mensual en cuestión.

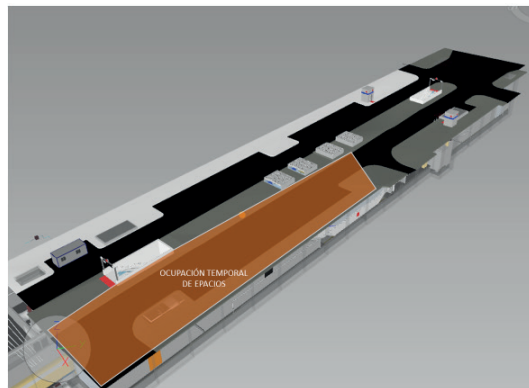
Cabe señalar que, al igual que ocurre con el Uso BIM Mediciones, las certificaciones mensuales de elementos que no formen parte de los modelos BIM no podrán ser vehiculadas a través de los modelos. Por ello, deberán realizarse por métodos convencionales. Pero la tendencia es a aumentar paulatinamente el conjunto de elementos objeto de certificación contenidos en los modelos BIM.

Existen medios tecnológicos suficientes y accesibles (topografía convencional, nubes de puntos...) para controlar el avance de obra, plasmarlo en los modelos BIM de seguimiento de obra y obtener la medición de elementos ejecutados.

NOTA OPENBIM. Con independencia del software usado, estos modelos deberán ser exportados a formato ".ifc". Los elementos deberán, asimismo, disponer de parámetros que permitan diferenciar claramente los que son objeto de certificación.

5.7.14. LOGÍSTICA, ACOPIO Y GESTIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO

Consiste en usar los modelos para el análisis de la ocupación del espacio público y las afecciones de la logística de obra, estimada para la solución de diseño al espacio público y a la correcta operatividad de la infraestructura (en caso de ser ésta objeto de ampliación o mejora).



Modelo de certificación mensual 2.

La planificación y ocupación de espacio público adquiere relevancia cuando se trata de una obra urbana en la que se tiene que gestionar el funcionamiento de la circulación ciudadana con la óptima operación de la obra.

Este uso, alineado con la simulación constructiva, permite identificar zonas de ocupación, así como anticipar los problemas de operación que éstas puedan ocasionar.

Permite, además, suministrar periódicamente (o cuando se modifique de forma sustancial una zona de ocupación) a la Administración una actualización digital de la zona de ocupación. Esto permite que el proyecto pueda ser gestionado con las administraciones pertinentes y la información pueda ser compartida con la ciudadanía con suficiente antelación.


NOTA OPENBIM. Con independencia del software usado, estos modelos deberán ser exportados a formato ".ifc" y permitir su visualización con archivo abierto OpenBIM mediante visores gratuitos.

5.7.15. INVENTARIADO DIGITAL

Con el avance de la digitalización, la realización de inventariados digitales para tener listado digitalmente el conjunto de datos de interés de los activos inventariables adquiere mayor relevancia.

Este apartado trata la incorporación al inventariado digital de datos de los activos que provienen de un modelo BIM de fase de construcción. La gestión de activos digitales por medio de métodos de capacitación de datos de activos construidos (mobile mapping, escaneo, drones...) no forma parte del alcance de este apartado.

Cuando los elementos de los modelos de obra contienen las propiedades relevantes desde el punto de vista del inventariado (por ejemplo, código de ficha técnica, puesta en servicio, etc.) y habida cuenta de que esos elementos están representados en sus posiciones "exactas" de obra (lo cual permite extraer de forma ágil sus coordenadas globales), es posible a través de los parámetros de los elementos BIM transferir estos datos a una base de datos de inventario digital.



Name (Element Specific)	Global Z (Geometry) [m]	Global Y (Geometry) [m]	Global X (Geometry) [m]
EF_40_30_0001_PAPE:EF_40_30_0001_PAPE:2717496	0.23	4371567.654301	725580.982054
EF_40_30_0001_PAPE:EF_40_30_0001_PAPE:2743227	0.23	4371580.875979	725584.202657
EF_40_30_0001_PAPE:EF_40_30_0001_PAPE:2743234	0.23	4371606.789983	725591.002089
EF_40_30_0001_PAPE:EF_40_30_0001_PAPE:2717507	0.23	4371577.243725	725599.114396
EF_40_30_0001_PAPE:EF_40_30_0001_PAPE:2717501	0.23	4371553.697299	725577.582338
EF_40_30_0001_PAPE:EF_40_30_0001_PAPE:2717517	0.23	4371550.065045	725592.494068
EF_40_30_0001_PAPE:EF_40_30_0001_PAPE:2717510	0.23	4371591.200704	725602.514115
EF_40_30_0001_PAPE:EF_40_30_0001_PAPE:2717514	0.23	4371564.022024	725595.893796
EF_40_30_0001_PAPE:EF_40_30_0001_PAPE:2743230	0.23	4371594.832981	725587.602373
EF_40_30_0001_PAPE:EF_40_30_0001_PAPE:2743093	0.23	4371605.157729	725605.913831
EF_40_30_0001_PAPE:EF_40_30_0001_PAPE:2743291	0.23	4371536.068599	725589.216216
EF_40_30_0001_PAPE:EF_40_30_0001_PAPE:2743338	0.23	4371539.720865	725574.177889

Inventariado digital basado en modelos BIM (FGV).

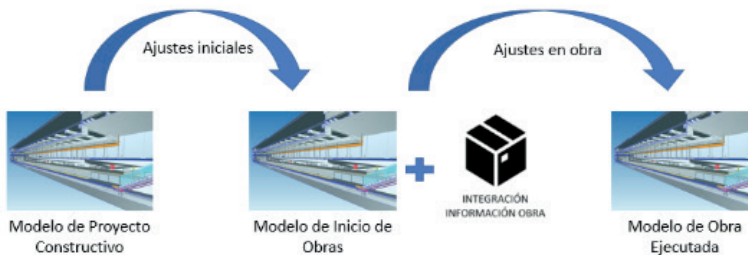
Es importante recalcar la necesidad de preestablecer unos criterios normalizados y estandarizados de las propiedades que han de ser incluidas en los modelos BIM de obra, en función de las necesidades y tipologías de elementos. Los técnicos de la Administración han de identificar el conjunto de propiedades que los elementos han de contener para satisfacer sus necesidades. No hacerlo derivará, con total seguridad, en unos modelos con datos no homogeneizados ni ordenados y de poco valor para las necesidades del inventariado digital.

NOTA OPENBIM. Con independencia del software usado, estos datos del inventariado deberán ser completamente visibles en formato ".ifc" y permitir su exportación/vinculación con bases de datos.

5.7.16. REGISTRO DE OBRA EJECUTADA (MODELO AS BUILT)

Consiste en el uso de los modelos BIM para la recopilación, archivo y consulta de documentos e información vinculados a la obra ejecutada.

Durante el proceso de construcción, los modelos BIM serán actualizados y usados para la preparación de los modelos as-built (maqueta digital geoposicionada según el sistema de referencia y unidades requeridas). Este registro de obra ejecutada tomará como punto de partida el modelo de inicio de obras y se realizarán varias labores principales:



Modelos BIM de registro (as built) (FGV).

Adecuación geométrica del modelo a medida que se avanza en la construcción, en caso de haber modificaciones relevantes respecto del proyecto constructivo. Actualización y vinculación de información generada durante la fase de obra, de forma centralizada en la plataforma de intercambio de información con los modelos de preconstrucción.

Se busca con este uso la incorporación de una relación unívoca entre el conjunto de documentación generada durante la obra (informes de incidencias, fotografías, ensayos, manuales de uso, controles de calidad, planos de obra ejecutada, etc.) y los modelos BIM.

Estos modelos BIM deberán ser contrastados y verificados mediante datos captados en obra. El objetivo es confirmar que representan de forma correcta la obra realmente ejecutada, al igual que pasa actualmente con los planos de obra ejecutada.

La información contenida en los modelos as built será la base para la transmisión de información para el mantenimiento de la infraestructura.

La estrategia de organización de información, la nomenclatura de archivos y los procesos de auditoría de revisión de información archivada serán definidos en el Plan de Ejecución BIM.

NOTA OPENBIM. Con independencia del software usado, la estructura de datos de los modelos as built deberá estar incorporada a los modelos en ".ifc" y las "url" de vinculación de información operativa.

5.7.17. ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN

Este uso consiste en el uso de los modelos BIM como fuente de información fiable y actualizada del activo construido para alimentar los sistemas de gestión de operaciones y mantenimiento de activos.

Esta información, de forma equivalente a lo que ocurre con el Uso BIM Inventariado Digital, vendrá en forma de datos ordenados y protocolizados de los elementos de los modelos.

NOTA OPENBIM. Con independencia del software usado, estos datos que alimentan el sistema de gestión deberán ser completamente visibles en formato ".ifc" y permitir su exportación/vinculación con bases de datos.

5.7.18. CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

Consiste en usar los modelos para el control y planificación de la conservación y

mantenimiento de la infraestructura o edificio.

Se produce aquí una divergencia en el planteamiento entre el sector de las infraestructuras y la edificación.

En el sector de la edificación, la conservación y el mantenimiento se puede realizar de forma integral a través de los modelos BIM vinculados con el GMAO (Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador) de forma bidireccional. Esto es posible y se realiza.

En el sector de la conservación de las infraestructuras, la escala de la red a conservar (de cientos o miles de kilómetros) hace inviable la gestión de la conservación basada en los modelos BIM. La escala de esa gestión requiere un entorno más propicio como son los Sistemas de Información Geográfica (GIS). Estos GIS estarán vinculados con el GMAO de una forma equivalente a la relación bidireccional de los modelos BIM y GMAO en edificación.

La clave en las infraestructuras está en garantizar la transferencia estandarizada, automatizada (en el mayor grado posible) y homogénea de los datos de los modelos BIM a las capas de los modelos GIS.

Es por ello clave recalcar la necesidad de preestablecer unos criterios normalizados y estandarizados de las propiedades que han de ser incluidas en los modelos BIM de obra. Éstas irán en función de las necesidades y tipologías de elementos que se van a incorporar a los modelos GIS. Los técnicos de la Administración de los departamentos de conservación han de identificar el conjunto de propiedades que los elementos han de contener y trasladar esas necesidades a los técnicos de las obras. No hacerlo derivará, con total seguridad, en unos modelos sin homogeneizar, poco estructurados y en definitiva con escaso valor.

NOTA OPENBIM. Con independencia del software usado, estos datos que alimentan el sistema de conservación y mantenimiento deberán ser completamente visibles en formato ".ifc" y permitir su exportación/vinculación con bases de datos.

5.7.19. OTROS USOS

Aunque no se han incluido en esta guía, existen otros usos que pueden ir adquiriendo mayor relevancia y desarrollo próximamente. Es el caso de Usos BIM como Seguridad y Salud, Fabricación digital, Calidad, etc.

6

ETAPA DE LICITACIÓN. PLIEGO DE REQUISITOS

- 6.1. Introducción BIM en etapa de licitación.
- 6.2. Requisitos de Información del Cliente (EIR).
- 6.3. Requerimientos de licitación BIM.
- 6.4. Requisitos y solvencias de las empresas.
- 6.5. Requisitos y solvencias del equipo/ personas y perfiles.
- 6.6. Plan de ejecución BIM.

6.1. INTRODUCCIÓN BIM EN ETAPA DE LICITACIÓN

Este documento tiene como objetivo constituir una guía o referencia clara para aquellos agentes que pretendan acometer los procesos de contratación de los servicios de redacción de proyectos, ejecución de obras o, incluso, mantenimiento de activos e infraestructuras de obra civil con requisitos BIM. Así, se les dota de herramientas sencillas para abordar los procesos de licitación con las garantías necesarias para seleccionar la oferta más ventajosa para el ente licitador.

Partimos de la premisa de que la mayor parte de las obras civiles se planifican, proyectan y ejecutan con fondos públicos a través de organismos que rigen sus procesos de contratación según la Ley 9/2017 de Contrataciones de Sector Público LCSP. Es por ello que los procedimientos y métodos que dicta la ley han sido el hilo conductor de esta guía. No obstante, los contenidos, que se basan en los principios de concurrencia, competencia y transparencia, pueden ser asimilables en cualquier licitación privada.

El objetivo de una licitación pública es el de seleccionar la oferta más ventajosa para la ejecución de los trabajos, combinando los aspectos técnicos y los económicos en función de la tipología del contrato, la dificultad técnica o el volumen económico. Aunque no sea objeto de esta guía el establecimiento de esta proporción, se pueden realizar algunas recomendaciones generales en función del tipo de contrato, del grado de madurez del órgano proponente y de la vocación de fomento y desarrollo de BIM en el sector.

En la licitación de cualquier contrato que intervenga en alguna de las fases de la vida útil de un activo, debemos considerar en qué fase se encuentra dicha infraestructura o activo. De ello, se derivan los diferentes condicionantes a la hora de exigir los requisitos a los licitadores y también los métodos para establecer los criterios de selección y evaluar las ofertas, bien sean de servicios de redacción de proyectos, de ejecución de obras o de servicios de mantenimiento o conservación.

En este sentido, podemos determinar los requisitos según las fases del ciclo de vida y según la etapa del proceso de licitación.

La ley, salvo alguna referencia, no establece en ninguno de sus artículos los criterios para la implementación de la metodología BIM en la contratación pública, haciéndose necesario, por tanto, realizar una interpretación de los criterios generales de la misma y adaptarlos de manera ingeniosa.

Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, la cual traslada al ordenamiento jurídico español **la Directiva 2014/24/UE**, de 26 de febrero de 2014, establece en el **apartado 6 de su disposición adicional decimoquinta**:

*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 estos casos, ofrecerán medios de acceso alternativo 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.

- 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.*

Admitiendo los condicionantes que establece el artículo anterior, debemos exigir la inclusión de BIM en las licitaciones tanto a nivel tecnológico como, en mayor medida, metodológico, buscando una adecuada integración de la estrategia de implantación del ente licitador con la madurez del sector.

Resulta vital que el ente licitador defina claramente cuál es su estrategia en cuanto a la implantación BIM en sus procesos. No solo en cuanto a licitación, sino también en cuanto a la gestión del activo que pretende construir, ya que de esa estrategia emanarán los requisitos, solvencias y requerimientos en forma, proporción y nivel de exigencia.

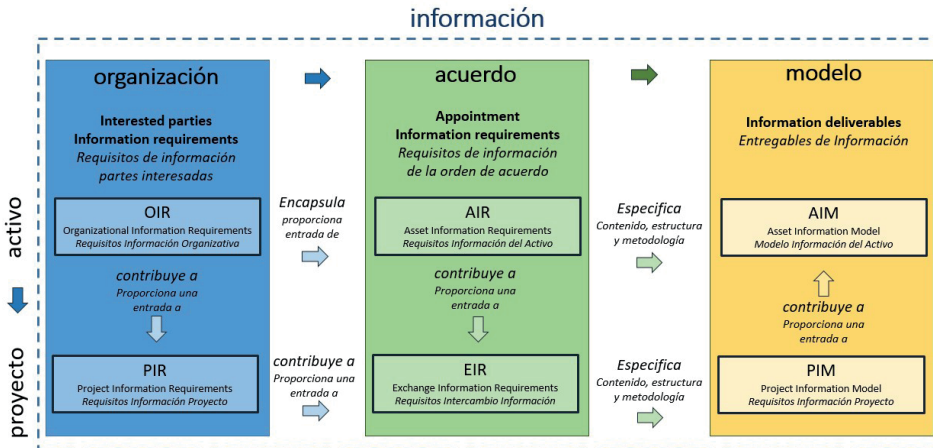
6.2. REQUISITOS DE INFORMACIÓN DEL CLIENTE (EIR)

6.2.1. PLANTEAMIENTO

Cualquier ente u organismo que pretenda incluir la metodología BIM en sus procesos debe tener siempre en el punto de mira la gestión integral del ciclo de vida para poder sacar el mayor beneficio, sobre todo en la fase de explotación y mantenimiento. Es en ella en la que se suponen mayores beneficios y plasmar sus requisitos en un documento comúnmente llamado EIR o Requisitos de Información del Cliente para las fases de Diseño y Construcción.

El EIR contiene requisitos que deben formar parte del marco contractual de la licitación y serán de obligado cumplimiento para los licitadores y contratistas seleccionados, debiendo constituir, según la estrategia de cada empresa, una parte de la documentación contractual de la licitación, es decir: pliego técnico, pliego administrativo o documentos similares.

JERARQUÍA DE LOS REQUISITOS DE INFORMACIÓN (ISO 19650.1)



OLC, basado en figura.2, ISO19650.1, febrero 2019

Gráfico 6.1. Diagrama ISO 19650.

En la era de transformación digital en la que nos encontramos, tenemos que buscar el mayor rendimiento de los datos que podemos tener a nuestra disposición para poder conservarlos, tratarlos y explotarlos de manera eficiente en el futuro. En este sentido, los modelos y la metodología BIM constituyen una gran base de

datos actualizada y la información que se incluya en los modelos será el germen de la futura gestión de ese activo con todo el potencial que ofrece el mercado de las nuevas tecnologías. Éste proporciona una fuente de información única, integrada y fiable que ayuda a los responsables de la gestión de ese activo en la toma de decisión.

En esta línea la ISO 19650-2, se amplía el rango de normalización hacia la fase de explotación del activo.



Gráfico 6.2. El diagrama ilustra las fases de trabajo asociadas a la ISO 19650 y la multiplicidad de las actividades, no siempre planificadas, que se verifican durante los largos tiempos de la fase operacional (Funcionamiento y Fin de Vida).

El cliente debe exigir sus requisitos de información en base a tres premisas: homogeneidad, estandarización y trazabilidad. El objetivo es poder acceder y gestionar el parque de activos digitalizados que va a obtener, a través de los modelos en cada una de sus fases. Los elementos modelados constituyen en sí mismo una fuente de información muy valiosa para los agentes que gestionan dicha fase del ciclo de vida. Les permite, así, evolucionar el modelo para la siguiente.

Para obtener una adecuada estructura de datos, es necesario que exista una colaboración efectiva para la definición de la misma en las fases tempranas del ciclo de vida. En el proceso de definición han de participar los agentes encargados de mantener y gestionar esos datos en el futuro tanto con sus herramientas habituales (ERP, GMAO, etc.), como con aquellas que la evolución tecnológica les pueda ofrecer.

Estos agentes gestores deberán participar también en las fases de Proyecto y Construcción, con el objetivo de coordinar la calidad y la organización de la información introducida, así como la interrelación con sus sistemas de gestión.

El BIM trata de la pre-construcción digital. Por tanto, la mayoría de esos datos deben incluirse o deben prever su inclusión posterior en los PSETS de los modelos, de manera que según vaya avanzando el ciclo de vida, se vayan introduciendo de forma ordenada y eficiente. Así, se dará cumplimiento a los objetivos marcados por la organización, a los usos previstos y a sus requisitos, que vendrían expresados en los OIR y AIR y con un reflejo en el EIR.

6.2.2.CONTENIDO DEL EIR

El EIR constituye las reglas del juego para el diseño y construcción de un activo siguiendo la metodología BIM. Según la mayoría de los autores, el cliente debe definir los requisitos, las normas y los procesos que desea que sus proveedores sigan organizados en tres bloques:

- 1.Requisitos técnicos. Pueden incluir aspectos tales como plataformas de software, el formato de intercambio de datos, los niveles de detalle y la formación que puedan necesitar.
- 2.Requisitos de gestión. Pueden incluir las funciones y las responsabilidades de los interesados, la seguridad, los procesos de colaboración y las estrategias de entrega.
- 3.Requisitos comerciales. Hacen referencia a la sincronización de datos, la presentación de resultados y una evaluación de la competencia.

Es competencia del ente licitador desarrollar estos requisitos para dar respuesta a los objetivos fijados y a los usos pretendidos. La ISO 19650 define un índice desarrollado como referencia para la elaboración práctica del documento final, así como para multitud de publicaciones conteniendo los aspectos que se incluyen más adelante.

A modo de tabla de contenidos, se incluyen a continuación los capítulos y prioridades que tendrán los diferentes tipos de requisitos que incorporar en los pliegos. Éstos se añadirán en función de las fases y de la referencia a los capítulos de este manual, del que saldrá el índice del documento que servirá de base para la licitación.

Partiendo de ella, los responsables de contrato de FGV deberán dar respuesta a cada una de ellas, eligiendo, desarrollando y confeccionando soluciones particularizadas a sus necesidades y a la prioridad recomendada por fase.

FASE:	P Proyecto	O Obra	C Conservación y Mantenimiento
PRIORIDAD:	A Alta	M Media	B Baja

REQUISITOS COMERCIALES					
TIPO DE REQUISITO DE PLIEGO		DESCRIPCIÓN DE REQUISITO A SER INCLUIDO EN EL PLIEGO	PRIORIDAD POR FASES		
			P	O	C
1	Requisitos Generales	Establecimiento de condiciones sobre propiedad, autoría y procedimientos relacionados con la inclusión de la metodología en el proyecto.	M	M	M
2	Objetivos BIM	Establecimiento de los objetivos perseguidos por la entidad a la hora de incorporar requerimientos en los pliegos.	M	M	M
3	Usos BIM	Establecimiento de los Usos requeridos.	A	A	A
4	Roles	Establecimiento de los roles y de las responsabilidades sobre los modelos y los procesos de los agentes intervinientes.	A	A	A
REQUISITOS TÉCNICOS					
5	Niveles de Información Geométrica	Establecimiento de requerimientos de desarrollo geométrico de los modelos que deberán ser suministrados a FGV.	A	A	A
6	Niveles de información Gráfica	Establecimiento de requerimientos de estructuración de información no gráfica de los modelos que deberán ser suministrados a FGV.	A	M	M
7	Niveles de Información Vinculada	Establecimiento de requerimientos de vinculación de información complementaria no tridimensional generada y que deberá ser vinculada de forma estandarizada y centralizada a los modelos suministrados FGV.	B	B	B
8	División de los Modelos por Disciplina	Establecimiento de requerimientos de división de los modelos por disciplinas para que cumplan con la estructura de información requerida por FGV.	A	A	A
9	Sistema de Clasificación de los Elementos Constructivos	Asignación de un código a cada elemento en base a un sistema reconocido de clasificación de los mismos, que permita hacer un uso selectivo y segregado de los elementos en función de su tipología.	M	M	M
10	Entorno Común de Datos	Establecimiento de un sistema centralizado de información en el que los agentes intervinientes compartan de forma selectiva la información generada durante la fase en la que se encuentra el activo.	A	A	A

11	Nomenclatura de Archivos	Asignación de una nomenclatura estandarizada y común de archivos para todos los agentes intervinientes, con el fin de garantizar una mayor uniformidad de la información generada.	A	A	A
12	Intercambio de Información	Requerimientos asociados al intercambio constante de información entre los agentes en forma y tiempo adecuado a FGV, priorizando el uso de formatos abiertos de intercambio (OpenBIM).	M	M	M
13	Software Requerido	Exigencia relativa al uso de software que permita la generación de información en formatos abiertos de intercambio (OpenBIM).	A	A	A
REQUISITOS DE GESTIÓN					
14	Calendario de Reuniones	Establecimiento de calendario de reuniones entre los agentes para promover el intercambio periódico de información.	M	M	M
15	Entregables BIM	Exigencia relativa a la preparación y entrega de información por parte del licitador incluyendo entregables como el BEP, modelos de disciplinas y modelos de coordinación.	A	A	A
16	Equipo Técnico Requerido	Equipo requerido que ha de ser puesto a disposición del proyecto o de la obra para garantizar que se cumplen los objetivos buscados.	M	M	B
17	Controles de Calidad	Niveles de control que el licitador tiene que llevar a cabo durante el proceso de producción de información para garantizar el máximo nivel de usabilidad de la información producida y minimizar los errores e inconsistencias en los modelos suministrados.	M	M	M
18	Integración de Información Infraestructura Existente	Requisitos relacionados con la integración de información de activo construido y su incorporación al flujo BIM.	A	A	A
19	Transferencia de Información a Fases Posteriores	Requisitos relacionados con la transferencia de información a las fases posteriores o al retorno del activo.	A	A	A

Tabla 6.1: Agrupación de Requisitos.



Para la elaboración de un EIR, debemos tener en cuenta las tres premisas mencionadas con anterioridad:

■ **Homogeneidad.** Todos los proyectos, obras y servicios que un organismo pretenda licitar para construir y explotar un activo deben ejecutarse de manera que sigan un hilo conductor y una estructura común. Se evitan, así, las divergencias entre los distintos expedientes y se facilita su posterior gestión. Si cada responsable de licitación o de contrato estableciera unos requisitos distintos para su expediente, estaríamos favoreciendo una dispersión de criterios que difícilmente tendría utilidad para alguien ajeno al mismo en fases posteriores.

El equipo de implantación BIM debe definir, en este caso, el índice de contenidos del EIR, el rango de variabilidad admisible en cada apartado en función de la complejidad del proyecto y el encaje del EIR dentro de la documentación obligatoria.

■ **Estandarización.** Toda la documentación, los archivos, los parámetros, los datos y los procedimientos implicados en el proceso deben ajustarse a estándares previamente acordados y fundamentados en alguna normativa nacional o internacional. De esta manera, podemos acordar la clasificación de los elementos, la nomenclatura de los archivos y documentos, la estructura de los PSETS de los elementos, la cantidad, la disposición y la nomenclatura de la estructura de carpetas que albergará el CDE para gestionar y archivar los flujos de información generados en cada expediente.

La estandarización es clave para facilitar la gestión de los activos, permitiendo a los responsables disponer de criterios únicos para gestionar la información de manera idéntica, independientemente del expediente tratado.

■ **Trazabilidad.** En un proyecto de construcción de una infraestructura, intervienen documentos contractuales que definen suficientemente las condiciones técnico-económicas para su construcción, considerando como tales el PPTP, el presupuesto, los cuadros de precios y los planos con la jerarquía que define la propia LCSP 9/2017. Sin embargo, la metodología BIM se basa en la pre-construcción digital de esa infraestructura mediante modelos trimidimensionales. Los modelos actualmente no figuran en la LCSP como documento o elemento contractual y, por tanto, tenemos que articular los principios de modelado para dotar a los modelos de coherencia respecto al resto de documentos. En este sentido, los modelos deben incluir elementos modelados acordes a las partidas que los valoran y con estructuras de precios acordes a sus cuadros, de manera que exista una relación directa y única entre modelo y presupuesto. Con esto, se consigue que podamos tener una trazabilidad entre las partidas ejecutadas y certificadas a través del modelo.

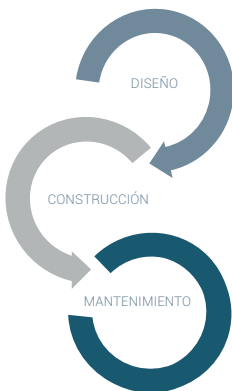
Para evitar las discrepancias en cuanto a la obra que ejecutar, debemos introducir requerimientos de trazabilidad en cuanto a la documentación 2D o planos. Si los planos no salen del modelo, podemos encontrarnos con conflictos. En todo caso, por bueno que sea el modelo, prevalecerá el plano 2D contractual, pudiendo ocasionar graves perjuicios.

Al igual que las características técnicas introducidas en los elementos del modelo, deben corresponderse unívocamente con las características expresadas en el PCTL, ya que este documento prevalecerá en caso de conflicto respecto del modelo.

Por último, cabría resaltar que es fundamental establecer mecanismos adecuados de control de calidad y auditorías para garantizar la inclusión y el cumplimiento de los requisitos expresados en los procesos productivos asociados a la metodología BIM. Éstos han tener respuesta en los BEP precontractual y postcontractual.

6.2.3. ESTRATEGIA DE INCLUSIÓN DEL EIR

Como estrategia general, debemos incluir el EIR en alguno de los documentos contractuales del expediente. De esta manera, nos aseguramos que los licitadores y los contratistas adjudicatarios den cumplimiento íntegro a los mismos.



En particular, dependiendo de cada fase, podemos adoptar otro tipo de estrategias para introducir estos requisitos. En este sentido y dada la extensión de la vida útil de una obra civil y su incertidumbre respecto a la demolición o sustitución al final de la misma, carece de sentido establecer requisitos BIM para la fase de agotamiento de la vida útil. Máxime, cuando en la mayoría de los casos no va a tratarse de un "llave en mano" o contrato de concesión con esta duración. Sin embargo, se pueden incluir algunos criterios o recomendaciones para insertar en los contratos de mantenimiento o de concesión, relativos a la fase de demolición o de retirada.

Otro tema es el proyecto de renovación de un activo existente y las implicaciones en cuanto a la implementación de la metodología BIM en un nuevo ciclo de vida del activo que renovar y que necesita requisitos adicionales a los necesarios para una obra nueva.

En la mayoría de los casos, el EIR depondrá unos requisitos comunes a cualquier fase, sobre todo los relativos al núcleo de metodología, nomenclatura, clasificación, estructura de la información y normativa. También, todos aquellos que acompañen al activo mientras evoluciona a lo largo de su vida útil, constituyendo un cuerpo común o documento base.

En función de la fase, debemos incluir otra tipología de requisitos para ajustarse a las necesidades reales de la producción y de la gestión de ese expediente. Éstos pueden ser, por ejemplo, los requisitos LOD de información y de calidad geométrica de los elementos, las tolerancias, los criterios de calidad de modelado, la cantidad y la disposición de los datos, las responsabilidades y la autoría de los modelos y la estructura y la solvencia del equipo humano.

Dependiendo de la fase y del expediente administrativo que generar, vamos a elaborar un documento o EIR y lo vamos a integrar en la documentación contractual vinculante para dar cumplimiento a los objetivos y usos previstos en cada fase.

6.2.4. REQUISITOS PARA LA FASE DE PROYECTO

La redacción de un proyecto constructivo o documento similar es condición necesaria para la contratación de las obras de construcción que, según la LCSP, constituye un contrato de servicios de ingeniería. Para la licitación de este tipo de contrato, es necesario establecer un documento o pliego de condiciones técnicas de licitación, en adelante PCTL. En él, se describen y cuantifican los servicios que contratar, así como se establecen las condiciones técnicas que el licitador solicita, más allá de los propios requerimientos que la ley establece con respecto al contenido que debe tener un proyecto constructivo, y que se centran en el aspecto diferencial con respecto a la contratación de un proyecto tradicional.

En estadios de madurez inicial, resulta útil para los entes licitadores añadir los requerimientos BIM en forma de anexo a los pliegos disponibles de diseño y redacción de proyecto. Es suficiente con hacer mención, en el PCTL y en los informes de motivación, que el proyecto adopta la metodología BIM como proceso principal, haciendo referencia al anexo correspondiente considerado como EIR.

Es necesario, en este punto, realizar una revisión exhaustiva del resto de requisitos técnicos no vinculados directamente con BIM para dotar de coherencia el cuerpo del PCTL con el anexo EIR. También con el objeto del contrato y con la estrategia digital de la empresa.

En estadios de madurez más avanzados, resultaría más coherente realizar pliegos técnicos de licitación integrados. En ellos, se establecen de manera conjunta las condiciones técnicas, los requisitos de diseño y los requisitos BIM, ya que la tendencia es a asimilar los principios de la metodología, en su más amplio sentido, en los procesos de diseño, basados en la pre-construcción digital, la información centralizada, el trabajo colaborativo y la estandarización de los procesos.

La fase de proyecto sienta las bases del diseño inicial de la obra civil y requiere del mayor esfuerzo en cuanto a planificación, diseño y revisión de los elementos proyectados, ya que en esta fase es donde se realiza el modelo.

En este documento, se deben especificar qué objetivos se consiguen y los usos previstos a los que se dan respuesta en cada fase. El fin es que sirva de base para gestionar la evolución de los mismos en fases posteriores.

En fase de Diseño y Proyecto, resulta vital establecer los procesos y estándares de modelado y revisión, los elementos que es necesario modelar y su nivel de desarrollo (LOD) para definir correctamente el activo que construir.

En esta fase se determinan:

- **Nomenclatura y estructura de archivos y clasificación de elementos** (en consonancia con la estrategia de implantación de la empresa y de manera homogénea al resto de expedientes OIR y AIR de rango superior, que deberían expresarse en un manual).
- **Estrategias de modelado.** Número, tamaño, disposición de los modelos que conforman el proyecto, definición de las disciplinas que van a conformar el modelo centralizado y matriz de interferencias.
- **Tipología y cantidad de elementos que modelar.** Nivel de desarrollos LOD, geométricos y de información, formación de partidas presupuestarias y cuadros de precios.
- **Parametrización de la información.** Sets de propiedades.
- **Tolerancias de diseño.** Requerimientos en cuanto a la toma de datos mediante nubes de puntos.



- **Objetivos de trazabilidad**, respecto a mediciones, presupuestos y planos o documentación 2D. En este punto, resulta útil realizar un esfuerzo y apuntar a porcentajes elevados de correspondencia, ya que de lo contrario, nos podríamos enfrentar a discrepancias o a la necesidad de realizar modificaciones contractuales en fases posteriores. Sería razonable exigir un 80% de trazabilidad de presupuestos y de documentación 2D extraídas del modelo.

- **Entorno tecnológico del proyecto**. Mapa de software y requisitos del CDE.

- **Formatos de intercambio y archivos de entrega**. En consonancia con el articulado de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, la cual traslada al Ordenamiento Jurídico español la Directiva 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, establece en el apartado 6 de su Disposición Adicional decimoquinta, que “se debe garantizar el acceso libre a la información. Es por ello que a día de hoy, resulta conveniente establecer el formato *IFC (2x3) como formato estándar de entrega”.

Estos modelos en *IFC servirán como documentación adicional a las licitaciones públicas de obra y dirección de obra, de manera que puedan ser consultados y explotados con software libre. De manera adicional, debemos exigir la entrega de los formatos nativos y federados de los modelos para su posterior tratamiento con las herramientas adecuadas, en caso de que fuera necesario.

- **Criterios de evolución** del LOD o nivel de desarrollo de los modelos a considerar en la fase diseño y que permitan el enriquecimiento del modelo en cada fase posterior.

- **Calidad**. En la fase de diseño, se deben establecer los criterios y procesos de revisión y control de calidad acordes al objeto, al volumen y a la complejidad del contrato, fijando los mecanismos y entregables necesarios para garantizar la consecución de los objetivos pretendidos para esta fase y su evolución hacia las siguientes.

- **Roles**. Por último, se pueden designar los roles necesarios y cualificación del equipo humano interviniente en los procesos. Este requisito debe ser compatible y homogéneo con las solvencias exigibles al personal en el pliego administrativo y en el compromiso de adscripción de medios.

Los roles y responsabilidades BIM del equipo involucrado a nivel estratégico, de gestión y producción definidos contractualmente para el desarrollo del ciclo de vida de un activo, variarán en función de las condiciones específicas de dicho activo (tipo de activo, contrato, fase que desarrollar, etc.). En cualquier caso, los roles y responsabilidades mínimas que se tendrán que contemplar en contrato son los siguientes:

- **Autor del proyecto.** Con la titulación y experiencia adecuadas al objeto del contrato, deberá tener las competencias BIM necesarias en formación y capacitación para garantizar la integración de la metodología en el desarrollo del contrato. Aparte de las funciones y responsabilidades que le atribuye la legislación vigente, el autor del proyecto será el responsable de las políticas de implementación en los procesos productivos y de la coordinación ingenieril para producir una integración efectiva. Se requiere formación específica en gestión de proyectos BIM y una mínima experiencia o respaldo por consultora especializada.
- **Responsable de proyecto BIM (BIM Manager).** Realizará las funciones de interlocutor general frente al responsable de contrato de FGV en todos los aspectos relacionados con el proceso BIM del mismo. Es el responsable de las actividades basadas en el modelo de la correspondiente fase del contrato. La persona designada tendrá los conocimientos técnicos y de gestión adecuados a los objetivos y complejidad del contrato, así como experiencia en implantación y competencia demostrable en los usos asociados a los objetivos propuestos. Asimismo, también contará con conocimientos previos en la utilización de las herramientas de soporte.
- **Coordinador BIM de disciplinas.** Realizará las funciones de coordinación en todos los aspectos relacionados con el proceso de producción BIM del contrato. La persona designada tendrá los conocimientos técnicos y de gestión adecuados a los objetivos y complejidad del contrato, así como experiencia tanto en implantación como competencia demostrable en la coordinación de equipos en entornos colaborativos y en la utilización de las herramientas de soporte necesarias para ello.
- **Responsables de modelo/disciplina.** Realizará las funciones de coordinación y ejecución de modelos BIM de su responsabilidad.

Las personas que realicen estos roles tendrán que tener experiencia para la correcta implementación de BIM en el objeto de su responsabilidad u oficio, así como competencia en la coordinación de su equipo con el resto del proyecto, construcción o mantenimiento en un entorno de trabajo colaborativo.

6.2.5. REQUISITOS PARA LA FASE DE OBRA

Los requisitos para la fase de Obra deben estar íntimamente relacionados con los expuestos en la fase de proyecto, resultando una evolución de los mismos para que, de manera homogénea, los modelos se enriquezcan y se adapten a los usos previstos en esta fase.

De esta manera, el EIR de la fase de Obra debe partir del EIR de la fase de Proyecto, aportando, corrigiendo y ampliando aquellos elementos diferenciales que caracterizan cada fase. Todo ello, sin perder aquellos requisitos que dotan al modelo de la trazabilidad necesaria y de los criterios necesarios para dotar de utilidad práctica durante la construcción.

En el caso de que se pretenda licitar una obra empleando la metodología BIM, sin disponer de modelos previos, habría que fusionar los requisitos de la fase de proyecto. Especialmente, se fusionarían los relativos al modelado con los de la fase de obra, de manera que, partiendo de un proyecto convencional, se realice la pre-construcción digital de la infraestructura diseñada con herramientas 2D. Se saca, así, todo el partido a los modelos.

6.2.6. REQUISITOS DE EVOLUCIÓN DE MODELOS

Como primer requisito de la fase de Obra es la evolución de los modelos de diseño. En este sentido, el contratista adjudicatario debe realizar los **Modelos de Inicio de Obras** (pre-construcción) para, posteriormente, evolucionar mediante el **Modelo de Seguimiento de Obras** y llegar a los modelos de entrega o Modelo de Obra Ejecutada (As Built Construcción).

6.2.6.1. MODELO DE INICIO DE OBRAS (PRE-CONSTRUCCIÓN)

Modelo desarrollado a partir del Modelo de Proyecto, incorpora la información de más detalle facilitada por los oficios o subcontratistas, garantiza la coordinación de las diferentes disciplinas y establece las especificaciones para la fabricación de los componentes de la obra y su correcta puesta en marcha.

Estos modelos de Inicio de Obra serán gestionados y desarrollados íntegramente por el contratista principal. La Dirección de Obra tendrá que garantizar el control y la supervisión de los trabajos en los modelos realizados por el contratista.

Este modelo incluirá (si la hubiese) cualquier propuesta de mejora o modificación que haya pactado la constructora con la propiedad al comienzo de las obras.

A juicio del responsable del contrato, la Dirección de Obra podrá colaborar o participar en el desarrollo de los modelos de Inicio de Obras, modelando e implementando aquellas soluciones que se consideren necesarias para el correcto desarrollo del proyecto.

El modelo de Inicio de Obras se utiliza para la generación de la documentación de construcción, una vez revisado éste por la dirección de obra y aprobado por el responsable del contrato.

6.2.6.2. MODELO DE SEGUIMIENTO DE OBRAS (CONSTRUCTIVO)

En aquellos casos en los que forme parte de los requerimientos del contrato hacer el Seguimiento de Obras (total o parcial) basada en los modelos BIM, se desarrollarán una serie de modelos parciales que serán usados para ese fin.

Serán modelos parciales cuyo objetivo específico será el seguimiento de los trabajos, por lo que es posible que no requieran la incorporación de la totalidad de la estructura de datos e información de la obra, sino sólo la estrictamente necesaria para cumplir el objeto del modelo.

A elección del responsable de la propiedad que gestione el contrato, estos modelos de seguimiento de obras podrán ser gestionados por la Dirección de Obra (a través de una Asistencia Técnica, si se requiere) o desarrollado por el contratista principal.

En cualquier caso, la Dirección de Obra tendrá que garantizar el control y la supervisión de los trabajos en sus modelos o en los realizados por el contratista.

6.2.6.3. MODELO DE OBRA EJECUTADA (AS BUILT CONSTRUCTION).

Modelo final que contempla la actualización del modelo de construcción mediante la introducción de la información requerida por la propiedad, tanto de las características de los componentes de la obra ejecutada, como de la gestión de su fabricación, ejecución y /o puesta en obra.

A elección del responsable del contrato, estos modelos de Obra Ejecutada serán gestionados íntegramente por la Dirección de Obra (a través de una Asistencia Técnica, si se requiere) o desarrollados por el contratista principal. En este segundo escenario, la Dirección de Obra tendrá que garantizar el control y la supervisión de los trabajos en los modelos realizados por el contratista.

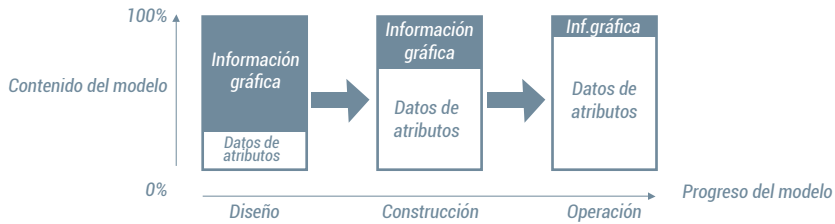


Gráfico 6.4: Evolución de los modelos ²⁸.

El EIR de obra debe especificar, para cada disciplina y elemento, cuál va a ser el Nivel de Desarrollo (LOD) esperado por modelo, fijando los criterios y el nivel de información requerido para cada fase.

FASE DE OBRA	MODELO DE INICIO DE OBRA	MODELO DE SEGUIMIENTO	MODELO DE FINALIZACIÓN DE OBRA
EMPLAZAMIENTO (ELEMENTOS EXISTENTES) EM			
Tipografía	LOD500	LOD500	LOD500
Edificios Existentes	LOD500	LOD500	LOD500
OBRAS LINEALES - TRAZADO DE VÍA - OL			
Geometría del Trazado	LOD200	LOD300	LOD400
Movimientos de Tierras	LOD200	LOD300	LOD400
VIARIO Y URBANIZACIÓN- UR			
Pavimento de Calzado y Acera	LOD200	LOD300	LOD400
Barreras	LOD200	LOD300	LOD400
Elementos de Señalización Horizontal y Verticales	LOD200	LOD300	LOD400
ESTRUCTURA - ES			
Cimentaciones	LOD200	LOD300	LOD400
Pilares	LOD200	LOD300	LOD400
Muros	LOD200	LOD300	LOD400
Losas	LOD200	LOD300	LOD400
Vigas	LOD200	LOD300	LOD400
ARQUITECTURA - AR			
Barandillas	LOD200	LOD300	LOD400
Cubiertas	LOD200	LOD300	LOD400

Tabla 6.3: Detalle del LOD requerido por fase.

la cantidad y calidad de datos que el cliente quiere que se introduzca en los PSET de los modelos que se hayan predefinido en la fase de diseño. También ha de especificar todos aquellos que sean necesarios para la gestión de la obra, así como las características consideradas como principales de aquellos elementos reales que se vayan a construir o instalar y que puedan servir para una gestión futura.

Requisitos de Trazabilidad y de Certificaciones. Se tienen que establecer las reglas en cuanto a la trazabilidad de las mediciones a partir del modelo, ya que éste debe ser un reflejo fiel de la obra ejecutada. Para ello, es posible que haya que modelar partidas auxiliares, demoliciones, rellenos u otras partidas no modeladas en el modelo de Diseño y que, por su importe o relevancia, conviene efectuar su seguimiento. Es recomendable establecer en el EIR el objetivo del porcentaje de mediciones que debe poder extraerse del modelo, adoptando entre el 75% y el 80% como un objetivo exigente pero conseguible.

Asimismo, resulta vital establecer también criterios de trazabilidad de planos o documentación 2D a partir del modelo, con el fin de evitar duplicidades en la gestión de la documentación de construcción.

Resulta muy útil vincular el pago de certificaciones a la presentación previa de un modelo de certificación mensual, en el que queden reflejados los objetivos de trazabilidad establecidos sobre la obra realmente ejecutada en el mes correspondiente. De esta manera, además, nos garantizamos que el modelo As Built Construction se componga gradualmente con el grado de exactitud y trazabilidad deseado.

Requisitos de Flujos de Trabajo y Entregables. La propiedad deberá, a través del EIR, establecer los flujos de trabajo en los que va a intervenir, definiendo la estrategia de entregables que desea adoptar para cada uno de ellos durante el desarrollo de la obra.

En este sentido, debería centrar las exigencias en la entrega de formatos abiertos *.ifc, en la versión más adecuada y de los nativos en la versión acordada.

Requisitos de Control de Calidad. El EIR debería establecer los procesos de control de calidad con los que se va a controlar la evolución de los modelos, con los criterios y con los estándares que cumplir en cuanto a:

- Calidad geométrica.
- Trazabilidad de mediciones y presupuestos.



- Calidad paramétrica. Cantidad y calidad de los datos introducidos.
- Documentación 2D.
- Usos previstos.

Requisitos de Equipo Técnico. Por último, se pueden designar los roles necesarios y cualificación del equipo humano interviniente en los procesos. Este requisito debe ser compatible y homogéneo con las solvencias exigibles al personal en el pliego administrativo y en el compromiso de adscripción de medios.

Los roles y responsabilidades BIM del equipo involucrado a nivel estratégico, de gestión y producción definidas contractualmente para el desarrollo del ciclo de vida de un activo variarán en función de las condiciones específicas de dicho activo (tipo de activo, contrato, fase a desarrollar...). En cualquier caso, los roles y responsabilidades mínimas que se tendrán que contemplar en contrato son los siguientes:

- **Jefe de Obra:** con la titulación y experiencia adecuadas al objeto del contrato, deberá tener las competencias BIM necesarias en formación y capacitación para garantizar la integración de la metodología en el desarrollo de la obra. Aparte de las funciones y responsabilidades de gestión de la obra, el Jefe de Obra será el responsable de implementar y dotar los recursos necesarios y promover los procesos productivos y de coordinación interdisciplinar para ejecutar la obra haciendo pleno uso de la metodología en todas las dimensiones previstas en el contrato y de manera integrada. Se requiere formación específica en gestión de proyectos BIM y una mínima experiencia o respaldo por consultora especializada.
- **Responsable BIM Obra:** realizará las funciones de interlocutor general frente a la dirección facultativa en todos los aspectos relacionados con el proceso BIM de la obra, siendo el responsable de las actividades basadas en el modelo de la correspondiente fase del contrato. La persona designada tendrá los conocimientos técnicos y de gestión adecuados a los objetivos y complejidad del contrato, y experiencia tanto en implantación como competencia demostrable en los usos asociados a los objetivos propuestos y en la utilización de las herramientas de soporte.

Estas responsabilidades podrán ser asumidas por el Jefe de Obra, directamente cuando acredite las competencias y madurez BIM necesarias, o bien contando con el apoyo de un especialista en BIM. Se requiere formación específica como "BIM Manager" y experiencia acorde al objeto del contrato.

- **Oficina Técnica BIM Obra:** los responsables y modeladores de la oficina técnica BIM realizarán las funciones de coordinación y ejecución de modelos BIM de su responsabilidad, constructivos y “As Built”.

Las personas que realicen estos roles tendrán que tener experiencia para la correcta implementación de BIM en el objeto de su responsabilidad u oficio y competencia en la coordinación de su equipo con el resto del equipo del proyecto o construcción o mantenimiento en un entorno de trabajo colaborativo.

6.2.6.- REQUISITOS PARA LA FASE DE DIRECCIÓN DE OBRAS

Este documento debe contener, de manera integrada con el PCTL, los requisitos que la organización exija a los licitadores. Para una comprensión integral de la estrategia de seguimiento, este documento ha de interpretarse conjuntamente con los modelos BIM transferidos de la fase de Proyecto Constructivo y con el resto de los documentos de la licitación. Especialmente, las cláusulas administrativas y los anexos de requisitos BIM de la redacción de los proyectos y de la ejecución de las obras (partiendo de los objetivos y usos asociados a la fase de Obra).

- Los licitadores presentarán un BIM Management Plan (BMP), desarrollando una estrategia y la metodología específica para dar respuesta a los objetivos y requerimientos BIM de fase de Dirección de las obras y los entregables asociados, así como la definición del CDE (Entorno Común de Datos) y los procedimientos de intercambio en el mismo.
- Será de vital importancia diseñar una propuesta de validación de las obras continuada e integrada con los técnicos de la propiedad, no admitiéndose procedimientos de trabajo que no permitan a los responsables del contrato tener acceso al avance desde fases muy tempranas.
- Los licitadores presentarán un sistema de soporte al control del plazo y cumplimientos de los hitos de obra, para lo cual se exigirá que, mediante una fase de auditoría BIM, se le marquen a la constructora adjudicataria las acciones correctoras de los modelos de obra, así como la publicación de un modelo 4D simulando la planificación de la misma.
- Será responsabilidad del licitador realizar un seguimiento de actualización de la planificación acorde a los plazos de ejecución real en obra para mediante el modelo BIM 4D e informar a FGV y demás agentes de incumplimientos o no de plazos y, en su caso, de las acciones correctoras.



- Al inicio y durante la obra, la Dirección Facultativa supervisará los usos BIM asociados al contrato de obras, de manera que aprobará y validará los entregables BIM del constructor durante la ejecución de la misma.
- Además, presentará un plan de acción para poner en marcha la BIM Manager Office y los procedimientos asociados de publicación, revisión, validación, etc.
- Será responsable de la gestión del CDE de obras, debiendo asegurar en sesiones de trabajo y formativas el correcto uso por parte de todos los agentes implicados en la fase de Obras.
- Será responsable de implantar un sistema de calidad centrado en la auto-auditoría Tests At Gate del CDE e implantación de buenas prácticas en el uso de un sistema centralizado de gestión. Asumirá, en definitiva, el rol de Information Manager, implantando la tecnología y los procedimientos de intercambio y reportando en todo caso al BIM Manager del proyecto.
- Será responsable de implantar un sistema de control y detección de interferencias acorde a la matriz de interferencias que aprobar para la fase de Obras.
- La Dirección Facultativa será responsable de la supervisión y control de la consecución de los objetivos y los usos asignados a cada rol. Especialmente, se hará cargo de los asignados a la DF (Dirección Facultativa) y prestando apoyo y asistencia los asignados a la propiedad/FGV.
- Será responsable de la supervisión y control de la adecuada transferencia de modelos y de la observación de las condiciones expresadas en el BEP de Redacción del Proyecto y en el BEP de Construcción.

Roles. Se deben definir los roles primordiales que garanticen el éxito del contrato. Al menos, deben establecerse las siguientes figuras.

- **Director de Obra.** Según la LCSP 9/2017, en su artículo 62, "el responsable del contrato podrá delegar sus funciones en la dirección facultativa, en adelante Director de Obra entre las que destacan, supervisar su ejecución y adoptar las decisiones y dictar las instrucciones necesarias con el fin de asegurar la correcta realización de la prestación pactada, dentro del ámbito de facultades que aquellos le atribuyan, expresadas en los artículos 237 a 246 de la misma ley".

Con la titulación y experiencia adecuadas al objeto del contrato, deberá tener las competencias necesarias en formación y capacitación para supervisar y controlar la aplicación de la metodología en el desarrollo de las obras. Aparte de las funciones y responsabilidades que le atribuye la legislación vigente, el Director de Obra será el responsable de las políticas de supervisión y control en los procesos constructivos y de la coordinación para efectuar un desarrollo efectivo de los usos previstos. Se requiere formación general en gestión de proyectos BIM y una mínima experiencia o respaldo por la consultora especializada.

- **Responsable BIM DF.** Realizará las funciones de coordinador general frente al responsable del contrato de FGV en todos los aspectos relacionados con los procesos de la obra. Será, así, el responsable de las actividades basadas en el modelo de la correspondiente fase del contrato. La persona designada tendrá los conocimientos técnicos y de gestión adecuados a los objetivos y a la complejidad del contrato. También, contará con experiencia tanto en implantación como con competencia demostrable en los usos asociados a los objetivos propuestos, así como en la utilización de las herramientas de soporte.

Estas responsabilidades podrán ser asumidas por el director de las obras directamente cuando acredite las competencias y madurez BIM necesarias, o bien contando con el apoyo de un especialista en BIM. Se requiere formación específica como BIM Manager y experiencia acorde al objeto del contrato.

- **Oficina Técnica BIM DF.** Los responsables y modeladores de la oficina técnica BIM realizarán las funciones de soporte, auditoría, evaluación y ejecución de modelos en los modelos constructivos y As Built propuestos por el contratista.

Las personas que realicen estos roles deberán tener experiencia para la correcta implementación de BIM en el objeto de su responsabilidad u oficio, así como competencia en la coordinación de su equipo con el resto del equipo del proyecto o construcción o mantenimiento en un entorno de trabajo colaborativo.

6.2.7. REQUISITOS PARA LA FASE DE MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN

Como pretensiones de la metodología BIM, figura la utilización de los modelos generados durante las fases previas para el mantenimiento y explotación de los activos construidos. En este sentido, se pretende extraer modelos de



mantenimiento y explotación o Asset Models específicos, según los contratos a disponer para mantener los distintos sistemas e instalaciones. Para ello, la organización debe establecer los requisitos necesarios para dar cumplimiento a los objetivos y usos contemplados para esta fase.

En este sentido y dada la escasa implantación y experiencia de la metodología en la gestión de los activos y el mantenimiento, debemos tener en cuenta los recursos necesarios para realizar una correcta gestión de éstos y centrar nuestros esfuerzos en disponer de un inventario de activos digitales único y actualizado. Este inventario ha de disponer la cantidad de datos y el nivel de desarrollo adecuado al uso pretendido y a la tipología de activo Instalación que mantener.

Resulta evidente que para esta fase debemos partir de los modelos As Built Construction y evolucionarlos hasta conseguir los modelos de Mantenimiento. Para que sean de utilidad, deberán contener solamente la información gráfica y no gráfica estrictamente necesaria. De esta manera, el mantenedor o el explotador será capaz de gestionar el activo a través de los modelos.

Como estrategia general, resultaría adecuado incluir en los pliegos de servicios, de mantenimiento o de explotación, los requerimientos BIM de manera integrada o como un anexo al PCTL.

Los requisitos que exigir en esta fase serían:

- Requisitos en cuanto a la cantidad, calidad y organización de la información no gráfica específica, incluida en los PSETS o a introducir en los modelos de mantenimiento.
- Requisitos en cuanto a la cantidad y calidad gráfica de los elementos del modelo, tanto de los que se van a gestionar como de los que sean necesarios como referencia.
- Reglas o protocolos de intercambio de información, exportación de datos o interconexión con otros sistemas o plataformas de gestión del activo o instalación en cuestión (GMAO, ERP, GIS, etc.).
- Requisitos en cuanto a las reglas de actualización, archivado o evolución de esos modelos.
- Estrategias de entregables.
- Uso de herramientas o aplicaciones de gestión sobre los modelos.

Roles. Se deben definir los roles primordiales que garanticen el éxito del contrato. Se deben establecer, al menos, las siguientes figuras:

- **Jefe de Contrato.** Con la titulación y experiencia adecuadas al objeto del contrato, deberá tener las competencias BIM necesarias en formación y capacitación para garantizar la integración de la metodología en el desarrollo del contrato de mantenimiento. Aparte de las funciones y responsabilidades de gestión del contrato, será el responsable de implementar y dotar los recursos necesarios, así como promover los procesos productivos y de coordinación interdisciplinar para el desarrollo del contrato. Hará pleno uso de la metodología en todas las dimensiones previstas en el EIR de manera integrada. Se requiere formación general en gestión de proyectos BIM o respaldo por consultora especializada.

- **Responsable BIM FM.** Realizará las funciones de interlocutor general frente al responsable de contrato de FGV en todos los aspectos relacionados con el proceso BIM del contrato, siendo el responsable de las actividades basadas en el modelo de la correspondiente fase del contrato. La persona designada tendrá los conocimientos técnicos y de gestión adecuados a los objetivos y complejidad del contrato. Contará con experiencia en implantación y competencia demostrable en los usos asociados a los objetivos propuestos, así como en la utilización de las herramientas de soporte.

6.3. REQUERIMIENTOS DE LICITACIÓN BIM

6.3.1. PLANTEAMIENTO

El análisis de los requisitos BIM contenidos en pliegos de licitación debe constituir una actividad continua, no ceñida a un periodo corto de tiempo, dado que la metodología BIM y su inclusión en pliegos están en constante evolución y profundización.

Cada empresa u organismo, dependiendo de sus procedimientos de contratación específicos, de su nivel de madurez BIM y de su estrategia particular en cuanto a la inclusión en sus procesos internos, deberá fijar los requerimientos para asegurar el nivel de penetración de la metodología pretendido.

Asumiendo un nivel de madurez BIM actualmente bajo en el sector de las obras públicas, las empresas y organismos públicos encargados de gestionar el diseño, construcción y explotación de infraestructuras deben asumir su rol de promotor

de la metodología. Deben, así, adoptar una estrategia “pull” para dinamizar las empresas y actuar como agentes del cambio. Para ello, los requerimientos de licitaciones BIM deben ser exigentes en cuanto a los objetivos que alcanzar, pero con la flexibilidad suficiente como para que las empresas accedan a la licitación mediante mecanismos de apoyo.

De esta manera, el sector va ganando en madurez y tecnificación, creciendo el tejido empresarial cualificado y la concurrencia a las licitaciones.

Generalmente, los requerimientos de licitación BIM deben incluirse en los apartados, cuadros o anexos que los pliegos administrativos prevean para ello, según los formatos utilizados por cada organismo. Éstos se pueden clasificar de la siguiente manera.

6.3.2. REQUERIMIENTOS EN CUANTO A CRITERIOS DE EVALUACIÓN

En cualquier licitación pública, según la LCSP 9/2017, se debe establecer una proporción entre los criterios evaluables por fórmulas automáticas y por juicio de valor. El órgano proponente debe fijar los porcentajes en función de la tipología del objeto del contrato, las características de la prestación y las directrices y usos de la propia empresa en cuestiones de contratación.

En licitaciones BIM, según la coyuntura actual, debemos incluir criterios de adjudicación cualitativos, asumiendo el uso de la metodología como obligatoria, para más adelante, en función de la madurez del mercado, poder exigir únicamente la solvencia técnica como se hace habitualmente con la clasificación de contratistas.



Gráfico 6.5: Evolución de los criterios de licitación BIM.

Los organismos de contratación establecerán los porcentajes de esos criterios cualitativos directamente vinculados a la metodología. Se plantearán de manera

proporcionada al objeto del contrato y a la capacitación de los propios técnicos para evaluar las propuestas y realizar una valoración coherente.

Como recomendación para el nivel de madurez actual del sector, resulta razonable reservar entre 8 y 15 puntos de valoración para los criterios cualitativos de adjudicación BIM. Éstos son distribuidos en proporción variable entre criterios evaluables por juicio de valor para las propuestas técnicas específicas y por fórmulas automáticas. Se puntúa así la experiencia o capacitación de la empresa licitante más allá de la solvencia mínima requerida.

Independientemente de los criterios cualitativos asociados al BIM, es posible que los organismos públicos apuesten por establecer la posibilidad de ofertar mejoras relacionadas con aspectos como podrían ser las aplicaciones tecnológicas basadas en modelos. En ese caso, la cantidad de puntuación directamente vinculada al BIM podría verse aumentada.

De cualquier modo, una mayor puntuación en juego para los licitadores supone un gran aliciente para impulsar a las empresas en la transformación de sus métodos y la implantación de BIM.

Los criterios evaluables por juicio de valor deben ir orientados a conocer el grado de conocimiento, de manejo y de aplicación de la metodología en los procesos del contrato. Es recomendable que incluyan aspectos que valorar dentro de, al menos, cuatro bloques:

BLOQUE 1. Estrategia de implantación de la metodología BIM, en el que se debe valorar:

- La definición de objetivos.
- El planteamiento metodológico.
- La estrategia de cumplimiento de requerimientos de FGV.

BLOQUE 2. Calidad de la propuesta del BEP-Precontractual e idoneidad de los planteamientos. Aquí, se tendrá en cuenta:

- El enfoque para el cumplimiento de los objetivos y los usos del contrato.
- Los roles y las responsabilidades
- Los flujos de trabajo.
- La propuesta de entregables.
- La propuesta de desarrollo y la evolución de modelos.
- La propuesta de desarrollo de LODs.
- La propuesta de control de calidad.

BLOQUE 3. Propuesta de herramientas y software asociadas al contrato. Los entornos colaborativos. CDE.

- La propuesta de herramientas y hardware.
- La propuesta de software, versiones, certificaciones, licencias, etc.

BLOQUE 4. Organigrama y medios humanos. La puntuación de las competencias BIM de los roles propuestos puede integrarse junto con la evaluación de las competencias personales propias del objeto del contrato.

La distribución de puntuaciones entre estos cuatro bloques corresponderá al responsable de la licitación, en función de la estrategia de implantación del ente y de la tipología del contrato. A modo de orientación, los bloques uno y dos deberían acumular el 75% de la puntuación a llevar la máxima carga metodológica.

6.3.3. REQUERIMIENTOS DE ACCESO A MODELOS

En una licitación pública, actualmente mediante la tramitación electrónica a través de la plataforma de contrataciones del Estado, debemos adjuntar o subir la documentación necesaria para la licitación. En ella, incluimos el documento del proyecto firmado, que contractualmente es el vinculante.

Para las licitaciones en BIM, debido a la limitación que establece la plataforma en cuanto al tamaño de los archivos, debemos establecer mecanismos paralelos para que los licitadores puedan descargarse los modelos. Esta descarga debe garantizar la transparencia, la concurrencia y la igualdad de oportunidades entre los licitadores. Para ello, es recomendable que el ente licitador disponga de una plataforma digital de descargas, protegida por contraseña, donde se ubiquen los modelos necesarios para la elaboración de las ofertas. Como estrategia, es recomendable poner a disposición solamente los modelos en formato abierto *ifc y, opcionalmente, el modelo federado si resultara necesario. De no disponer de la plataforma, deberá articularse algún mecanismo para que los ofertantes puedan recoger el soporte físico que contenga los modelos de licitación. En cualquier caso, deben quedar bien expresadas las instrucciones en el pliego administrativo, debiendo publicar las contraseñas de acceso.

En el mencionado repositorio, se puede habilitar, también con contraseña, un apartado para que los licitadores puedan subir documentación con copia oculta, infografías o modelos que respalden la oferta técnica si el pliego lo contempla.

Debería ser tenido en consideración y valorado positivamente que los ofertantes hagan uso de los modelos de licitación para elaborar su oferta técnica, ya que demuestra a priori un dominio de la metodología.

6.3.4. REQUISITOS DE ENTREGABLES DE LICITACIÓN

El ente licitador debe definir los entregables que los ofertantes deben proporcionar para dar cumplimiento a los requerimientos de valoración, así como aquella documentación necesaria para determinar la oferta más ventajosa en los términos que fija la LCSP 09/2017.

Resulta recomendable establecer una limitación del tamaño del documento y del índice propuesto para facilitar la homogeneidad en la evaluación.

BMP. Para evaluar la calidad técnica de las ofertas, en cuanto a criterios de evaluación BIM, es recomendable que los ofertantes redacten un documento o Plan de Gestión BIM en el que desplieguen su estrategia para garantizar el uso de la metodología en su ámbito de aplicación. Este Plan de Gestión BIM deberá estar compuesto por, al menos, tres bloques correspondientes con los criterios de evaluación:

- Estrategia de implantación de la metodología BIM.
- Propuesta del BEP-Precontractual. El ente licitador podrá definir un esquema o índice de obligado cumplimiento o dejar a criterio de los ofertantes la estructura de este documento.
- Herramientas y software.

Presentación de solvencias específicas. Puede resultar muy útil proponer en la licitación que los ofertantes puedan realizar una presentación con los principales proyectos en los que han participado. De esta manera, se refuerza la evaluación de la capacitación de la empresa para acometer el objeto del contrato, independientemente de la acreditación de las solvencias obligatorias.

Mejoras. En el caso de que el pliego administrativo contemple la admisión de mejoras, resulta una ocasión inmejorable para proponer nuevos desarrollos de innovación tecnológica basados en los modelos BIM: herramientas de gestión o de operación, aplicaciones VR o sistemas integrados.



6.4. REQUISITOS Y SOLVENCIAS DE LAS EMPRESAS

El ente licitador establecerá para cada fase y tipología de contrato las solvencias y requerimientos específicos para las empresas y los perfiles técnicos participantes. Los plasmará en los pliegos administrativos correspondientes en los apartados, especialmente designados para ello según los modelos de los procedimientos establecidos.

Las solvencias son preceptivas para optar a la adjudicación del contrato y deberán demostrarse según los criterios que establezca el órgano de contratación. Así como las empresas pueden acreditar su solvencia técnica relativa al objeto del contrato mediante la Clasificación de Contratista en función del CPV y del importe del contrato, no existe tal clasificación para acreditar la solvencia en los aspectos BIM.

El ente licitador será el que deba establecer el listón en cuanto a solvencia BIM que exija para sus contratos. Éste dependerá del nivel de exigencia que quiera impulsar para desarrollar el sector, siempre respetando los criterios de concurrencia y competencia. En este sentido, podemos adoptar dos vías según el grado de madurez del sector objeto del contrato.

A nivel orientativo para las empresas, se puede exigir mediante dos vías alternativas:

- **Madurez BIM.** Aunque tal vez sea lo más parecido a exigir una clasificación, a día de hoy resulta poco realista. No obstante esto, para estrategias exigentes o sectores un poco más desarrollados, podemos exigir que las empresas demuestren un mínimo de madurez, equivalente al nivel dos correspondiente en las tablas medición del grado de madurez BIM Maturity Tool (International Building Smart, 2019). En ellas, pueden corroborar la implantación efectiva de los procedimientos basados en BIM para sus procesos productivos, acreditándola mediante una memoria justificativa y la redacción del Plan de Gestión BIM. A través de ellas, desplegarán su estrategia para garantizar el uso de la metodología en su ámbito de aplicación.

Esta vía resulta de difícil aplicación, ya que las herramientas de medición y los criterios de justificación no están lo suficientemente testados y estandarizados como para garantizar el nivel resultante.

● **Experiencia Mínima.** De al menos un número de contratos de características similares al objeto del mismo, acreditado mediante:

- Portfolio de contratos similares, en presentación PPT con contenidos adicionales.
- Certificados de buena ejecución, debidamente firmados por el cliente.

Resulta poco habitual encontrar muchas empresas que hayan gestionado gran cantidad de contratos con metodología BIM y con la clasificación necesaria. Esto podría restringir la competencia hasta límites poco deseables. Un punto de partida sería solicitar al menos un contrato de características similares y de importe parecido.

El ente licitador debe considerar la opción de flexibilizar estas solvencias para garantizar una concurrencia acorde a los preceptos de la LCSP y dinamizar el sector. Partiendo del hecho de que a las empresas se les supone la capacidad de realizar los trabajos objeto del contrato, lo que nos interesa es que empiecen a aplicar los aspectos metodológicos BIM a sus conocimientos técnicos como contratistas técnicamente solventes. Por tanto, podemos asumir cierto grado de flexibilidad de dos maneras:

- Permitiendo un abanico más amplio de experiencia en contratos BIM de otras características, por ejemplo, en edificación privada o pública.
- Permitiendo que la empresa pueda contar con el apoyo técnico especializado de consultoras o despachos de ingeniería o arquitectura que suplan la solvencia en cuanto a metodología se refiere.
- De esta manera, estamos sembrando un futuro con suficientes empresas solventes para las próximas licitaciones.

6.5.REQUISITOS Y SOLVENCIAS DEL EQUIPO/PERSONAS Y PERFILES

Con el nivel de madurez actual en el sector de la obra pública, no resulta sencillo encontrar profesionales con la cualificación adecuada. El propósito de todo ente licitador debería ser que los perfiles técnicos de cualquier nivel tengan una transición y adaptación al uso de la metodología y a la adquisición de las competencias asociadas de manera normalizada, para que puedan cumplir con los requerimientos establecidos acordes a los objetivos y usos pretendidos en cada contrato.

Para ello, se debería exigir que las competencias se adquieran mediante una formación mínima acorde a cada perfil, estructurada de manera progresiva y coherente. El fin es alcanzar un elevado nivel de los profesionales que trabajan en los contratos y una experiencia acorde a la tipología, al volumen y a la complejidad del objeto del contrato.

Para cada fase y perfil se exigirá, al menos:

- **Experiencia.** Resulta fundamental que los profesionales a cargo de los contratos estén familiarizados con la metodología para obtener un claro rendimiento de la metodología en los contratos. Esta solvencia puede acreditarse mediante experiencia real o mediante la contratación de especialistas o colaboradores expertos que suplan esta solvencia.
- **Formación.** Al igual que resulta exigible formación reglada del tipo MECES para garantizar un mínimo de conocimientos técnicos asociados al objeto del contrato, parece razonable exigir unos niveles de formación BIM adecuados al rol que van a asumir. No obstante, al no existir formación reglada al respecto, conviene especificar y definir con claridad qué tipo de formación vamos a exigir, tanto en tipología como extensión (horas lectivas).

Los roles y responsabilidades BIM del equipo involucrado a nivel estratégico, de gestión y producción definidos contractualmente para el desarrollo del ciclo de vida de un activo, variarán en función de sus condiciones específicas: tipo de activo, contrato, fase a desarrollar, etc.

En cualquier caso, los roles y responsabilidades mínimas que se tendrán que contemplar en contrato podrían ser los siguientes:

FASE	PERFIL NIVEL 1	PERFIL NIVEL 2	PERFIL NIVEL 3	PERFIL NIVEL 4
Redacción de Proyectos	Autor de Proyecto	Responsable BIM Proyecto	Coordinador BIM	Responsable de Modelo/Disciplina
Construcción	Jefe de Obra	Responsable BIM Obra	Oficina Técnica BIM Obra	-
Dirección de Obra	Director de Obra	Responsable BIM D.F.	Oficina Técnica BIM D.F.	
Explotación	Jefe de Contrato	Responsable BIM F.M.	-	-
Titulación	MECES 2/3	MECES 2/3	Mín. F.P.	Mín. F.P.
Formación BIM	Gestión BIM	BIM Manager	BIM Tools	BIM Tools
Experiencia	1 Contrato	1 Contrato	1 Contrato	1 Contrato

Tabla 6.4: Propuesta de exigencias mínimas de perfiles técnicos para las licitaciones.

Solvencias superiores podrán valorarse y puntuarse positivamente, según los criterios de evaluación propuestos para el equipo humano en el pliego administrativo.

De manera provisional y en aras de fomentar la concurrencia, la participación de las empresas y la implantación de la metodología en el sector, se podrán alcanzar estas solvencias con la colaboración formal de ingenierías y despachos con solvencia equivalente especializada, junto con la exigencia de formación en curso para profesionales.

Cada vez son más las empresas que apuestan por realizar cursos de capacitación BIM de manera interna para sus profesionales. Esta vía puede resultar muy interesante, siempre que se acredite un plan de estudios y unos sistemas de seguimiento y evaluación equivalentes a los cursos de formación que ofertan las entidades educativas especializadas.



6.6.PLAN DE EJECUCIÓN BIM

Los requerimientos BIM, expresados en el EIR por parte de los entes responsables de la licitación de un contrato, serán de obligado cumplimiento por los adjudicatarios del objeto del mismo. Por ello, deberán ser transpuestos íntegramente en el BEP desarrollado por el adjudicatario y aprobado por el responsable de contrato.

El BEP constituye un contrato en sí mismo, siendo un documento que estará sujeto a revisiones y actualizaciones consensuadas durante el desarrollo del contrato, siempre con la premisa de dar cumplimiento a los objetivos y usos establecidos por el cliente.

En fase de licitación, los licitadores entregarán su BEP-Precontractual. En él, desplegarán su propuesta de desarrollo de la metodología BIM para el objeto del contrato. Una vez seleccionada la mejor oferta, el adjudicatario ampliará, enriquecerá y evolucionará el mismo hasta cerrar la redacción del BEP contractual, que regirá el desarrollo del contrato en cuanto a los requerimientos BIM del mismo.

Es fundamental expresar en los documentos oficiales de contratación que el BEP constituirá un documento contractual de obligado cumplimiento²⁹

²⁹ Referencias : Ley 9/2017 de contrataciones de sector público LCSP , Directiva 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, ISO 19650 , BIMChannel, "Maturity Tool" (International Building Smart 2019).

7

PLANIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

- 7.1. Plan de ejecución BIM.
- 7.2. Estructura de la información.
- 7.3. Organización de la información.
- 7.4. Entregables y formatos.
- 7.5. Base documental adicional.

7.1. PLAN DE EJECUCIÓN BIM

Una vez se adjudica el contrato BIM, el licitador debe presentar, para su aprobación, el Plan de Ejecución BIM (PEB) o BIM Execution Plan (BEP).

El **Plan de Ejecución BIM** es un documento de planificación en el que se especifica:

- La estrategia de gestión, producción, intercambio y entrega de la información.
- Los criterios que seguir para estructurar y organizar la información del Modelo de Información.
- La infraestructura humana y la tecnológica necesaria.

El PEB debe dar respuesta a las necesidades y requerimientos del cliente.

En ocasiones, se habla de PEB definitivo para distinguirlo de las propuestas de PEB (PEB precontractual), que pueden ser definidas por los diferentes licitadores.

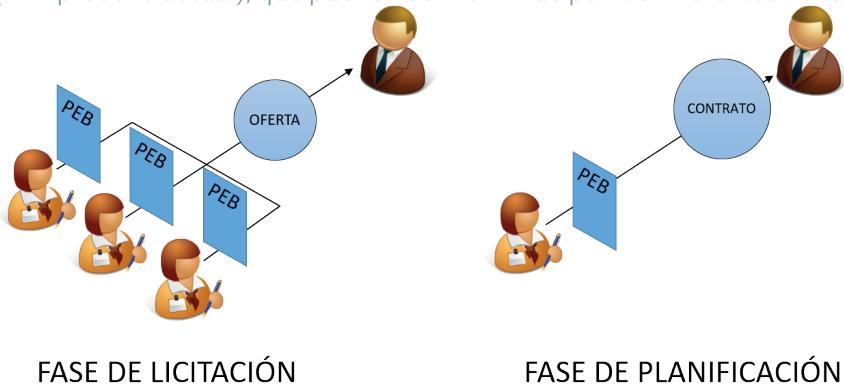


Figura 1. Propuestas de PEB precontractual y PEB definitivo.

El PEB, si es exigido por el pliego, tiene carácter contractual y en él deben definirse, al menos, los siguientes elementos:

- Información básica del proyecto.
- Objetivos y Usos BIM.



- Empresas y participantes con sus funciones y responsabilidades
- Infraestructura tecnológica HW y SW.
- Estrategia de colaboración en un Entorno Común de Datos.
- Entregables BIM y sus formatos.
- Criterios de modelado: nomenclatura, tipo de información, nivel de información, coordenadas y unidades de medidas.
- Organización de la información del modelo: sistemas de clasificación y federación.
- Estándares que utilizar.
- Control de calidad.

Actualmente, se han publicado en España diferentes plantillas de PEB que pueden ser utilizadas o adaptadas para cada proyecto:

- Guía Plan de Ejecución BIM de esBIM³⁰.
- PEB de Infraestructures.cat³¹.
- PEB del Área Metropolitana de Barcelona³².

Una vez queda definido y aprobado el PEB, el licitador deberá movilizar los recursos humanos y tecnológicos especificados en el mismo, llevando a cabo las siguientes acciones:

- Capacitar, si fuera necesario, a los miembros del equipo en aquellas habilidades requeridas.
- Adquirir, implementar, configurar y probar la infraestructura tecnológica, incluyendo la herramienta de Entorno Común de Datos.
- Verificar los procesos de intercambio de información entre equipos de trabajo y de entrega de información al cliente.
- Probar los métodos de producción de información.

³⁰ <https://www.esbim.es/>

³¹ <https://infraestructures.gencat.cat/?page=bim>

³² <https://bim.amb.cat/#>

7.2. ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN

7.2.1. INFORMACIÓN EN LOS MODELOS BIM

En el momento en el que se asume que un modelo BIM es una base de datos, se pone de manifiesto la necesidad de dotarla de una estructura consistente que permita alimentarla y mantenerla de forma ordenada. Los agentes que participan en el desarrollo de un proyecto alimentan el modelo (la base de datos) con su actividad y, asimismo, son consumidores de los datos que contiene para realizar las actividades que tienen encomendadas. No es posible un uso colaborativo y eficiente sin disponer de una estructura de la información. Si esto es importante a nivel de un proyecto, aún adquiere mayor importancia cuando pensamos en la posibilidad de analizar "n" proyectos o facilitar que los agentes intervinientes conozcan una estructura de información que se utiliza recurrentemente en los proyectos, sea cual sea el cliente o promotor. Este es un marco deseado, pero desafortunadamente no es el actual. Por ello, es importante tener claro este concepto en el horizonte y tender hacia él sin concesiones.

7.2.2. TIPO DE INFORMACIÓN

Un modelo BIM contiene básicamente dos tipos de datos: los geométricos, que pueden expresarse gráficamente (largo, ancho, alto), y los no geométricos, que informan de características de tipo administrativo, técnico, comercial, económico, etc.

La creación de un modelo BIM parte de la agregación de los "objetos" que representan virtualmente los elementos constructivos necesarios para construir un edificio. Cada uno de estos "objetos" es, en sí mismo, una pequeña base que aporta al modelo BIM datos geométricos y datos no geométricos.

Los objetos BIM de un mismo proyecto suelen tener distinta procedencia. Pueden ser los que la herramienta de modelado aporte de serie, los que los proyectistas creen para su propio uso o los que se obtienen de las múltiples plataformas digitales que ponen objetos a disposición de cualquier usuario. Esta diversidad de procedencias hace aún más visible la necesidad de que la creación de objetos BIM pase por la aplicación de un estándar específico. De no ser así, es imposible que la base de datos que pretendemos obtener del modelo BIM sirva para algo que vaya más allá de una expresión tridimensional de un diseño.



7.2.3. NIVEL DE INFORMACIÓN

El nivel de información de un modelo BIM, dicho de otro modo, qué datos se requieren, está íntimamente ligado al “uso” que va a tener dicho modelo. Como se intuye, no se necesita el mismo tipo de datos para realizar una coordinación geométrica que para realizar un presupuesto o calcular las prestaciones energéticas de un edificio.

Existe abundante literatura sobre el concepto “LOD” (Level of Development). A nuestros efectos, nos interesa especificar que existen en la realidad dos conceptos que son más apropiados: el nivel gráfico (LOG) y el nivel de información (LOI). Estos niveles no se determinan a nivel de proyecto, si no para los elementos u objetos del mismo. Como resultado, un proyecto puede contener elementos a distinto nivel de desarrollo en una misma fase (básico, ejecutivo,...). El PEB establecerá los niveles necesarios para cada elemento de proyecto, en respuesta a lo que el promotor haya especificado en sus requisitos de información, previos al PEB.

Nuevamente, encontramos la necesidad de que los pliegos determinen el uso del modelo y establezcan la información mínima solicitada. Establecida esta selección, hay que abordar dos aspectos adicionales: en qué momento se requiere la información y quién es el responsable de suministrarla. En cuanto al primer aspecto, suele relacionarse con las conocidas fases de proyecto básico, ejecutivo, constructivo o de operación. La responsabilidad de suministrar la información se relaciona con las disciplinas de proyecto a las que se dedican los distintos agentes: cálculo de estructuras, de instalaciones, medición y presupuesto, etc.

La documentación que el licitador suministra, bien sea en pliegos de condiciones, bien sea en documentos autónomos en forma de manuales o libros de estilo propios, debe exponer de forma clara estos aspectos. Normalmente, se facilitan tablas ya formateadas en las que el licitador establece sus requisitos y los licitantes las completan en función de las responsabilidades de los agentes participantes. Éstas quedan resumidas en otra tabla a la que comúnmente se denomina “matriz de responsabilidades”.

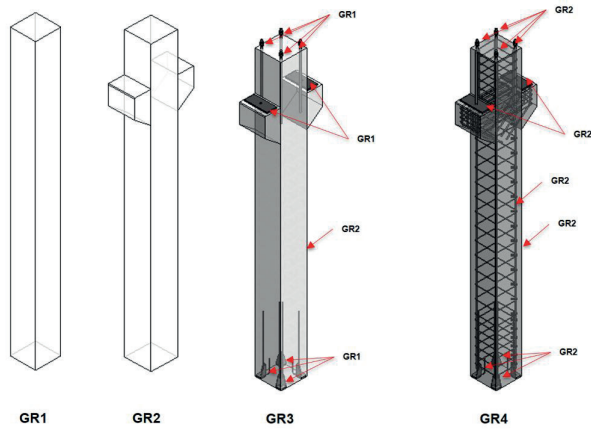


Figura 2. Muestra de niveles de información gráfica (LOG) de un pilar prefabricado de hormigón.

La cantidad de datos solicitada de un modelo tiene una relación directa con el esfuerzo necesario para completar un proyecto, por lo que, de forma previa a la contratación del desarrollo de un proyecto, debe quedar perfectamente definido el nivel de información solicitado por parte del promotor o licitador.

7.2.4. ESTANDARIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Las iniciativas internacionales de normalización no cubren las necesidades nacionales de cumplimiento normativo o no recogen la idiosincrasia técnica local, por lo que es necesario desarrollar un estándar nacional. En este sentido, el Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas se ha adherido al grupo de entidades que participan en el desarrollo del estándar denominado "eCOB®"³³, presentado en abril de 2018, y que es la primera iniciativa en España que surge con voluntad abierta a todos los agentes, evolutiva en su contenido y gratuita. Este estándar se adapta a la normativa técnica nacional, así como a las tecnologías constructivas propias del país, completando tanto como es posible lo que aporta el estándar internacional IFC recogido en la ISO 16739 - Industry Foundation Classes (IFC) for Data Sharing in the Construction and Facility Management Industries - .

³³ eCOB®. Estándar de creación de objetos BIM. Versión v1_2018. Abril 2018, www.ecobjet.com

eCOB® propone una estructura de información organizada en grupos de propiedades de diversa índole, estableciendo su nomenclatura, las unidades de medida (cuando son precisas) y especificando las propiedades inherentes a cada tipo de elemento constructivo. Sus prescripciones se adaptan a cualquier plataforma de modelado, con lo que se garantiza la máxima flexibilidad en su aplicación. Además, está pensado para obtener modelos IFC bien informados.

La adopción en proyecto de una estandarización como esta garantiza la solidez de las bases de datos, el rigor técnico de su contenido, así como la localización de la información de modo eficiente. Las licitaciones, pliegos de condiciones técnicas, son los lugares más indicados para solicitar el uso de un estándar de objetos a los agentes que intervienen en el desarrollo de un proyecto.

Sigue una imagen de uno de los grupos de propiedades (PSet) que este estándar define para un pilar de hormigón.

Ecob_PSet_ColumnProperties_RCconcrete		
ClaseExposicion	Ila	Según EHE
CoefficienteParcialAceroELS	SP	Estados Límite Servicio / Service Limit State
CoefficienteParcialAceroELU	SP	Estados Límite Últimos / Ultimate Limit State
CoefficienteParcialHormigonELS	SP	Estados Límite Servicio / Service Limit State
CoefficienteParcialHormigonELU	SP	Estados Límite Últimos / Ultimate Limit State
DesignacionClaseAcero	SP	Según EHE
EspecificacionesHormigon	HA-25/B/20/Ila	Según EHE
ReaccionAlFuego	SP	Clasificación de reacción al fuego del elemento constructivo en base a la norma europea UNE-EN 13501-1. La comprobación de las propiedades de comportamiento ante el fuego debe hacerse a través de la acreditación documental que acompañe a los productos componentes del elemento BIM.
RecubrimientoInferiorHorizontalL(mm)	SP mm	Inferior horizontal
RecubrimientoSuperiorHorizontalL(mm)	SP mm	Superior horizontal
RecubrimientoLateralLibreL(mm)	SP mm	En caras laterales libres
ResistenciaCaracteristicaHormigon_N(N/mm2)	HA-25 N/mm2	fck a 28 días
ResistenciaFuego	SP	Clasificación de resistencia al fuego del elemento constructivo según la norma europea UNE-EN 13501-2. Valor según proyecto a especificar por el proyectista conforme a las prestaciones exigidas al elemento y la acreditación documental de los productos componentes del elemento. Como mínimo R 30, valor exigido en la tabla c.2 del DB SI del CTE para soportes y muros. La comprobación de las prestaciones de los productos de construcción se realiz

Figura 3. Ejemplo de un conjunto de propiedades para un pilar de hormigón, según eCOB®.

7.3. ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

7.3.1. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN

La necesidad de gestionar los datos que contiene un modelo para dar respuesta a los distintos usos requeridos en el desarrollo de un proyecto pone en evidencia la necesidad de clasificar los objetos que forman parte de éste. Las herramientas de modelado aplican por defecto algún sistema de clasificación, pero normalmente no son lo suficientemente precisos y, a menudo, poco estandarizadas.

Tener un modelo con objetos adecuadamente clasificados permite, entre otros:

- El control visual, la coordinación geométrica y detección de colisiones, utilizándolo como filtro.
- Relacionar los objetos del modelo con las especificaciones documentales de proyecto.
- Generar vistas y planos con la información deseada.
- Controlar las exportaciones al formato IFC.
- Inventariar elementos de forma estructurada.
- Facilitar la obtención de datos para medición, planificación, control de obra o mantenimiento.

Así pues, dotar al modelo de un sistema de clasificación independiente de la plataforma de modelado es más que recomendable.

Un sistema de clasificación es una forma de ordenación de elementos constructivos que categoriza conceptos y facilita su agrupación en base a algunos atributos o propiedades específicos.

Trasladado este concepto al marco de digitalización actual, las clasificaciones cuentan siempre con un código que las convierten en un sistema preciso y legible por los equipos informáticos: *son machine readable*. Los códigos utilizados tienen tres características básicas: son inteligibles tanto por las personas como por las máquinas, son lógicos y son inequívocos.

En el panorama internacional existen diversos sistemas de clasificación surgidos, algunos de ellos, antes que la digitalización de procesos de la construcción.



Cada sistema atiende a conceptos de categorización propios, lo que los hace distintos. No hay un sistema mejor que otro. La utilidad de cada uno de ellos depende en gran parte del uso prioritario que se precise o bien, de su capacidad de adaptación a la tecnología constructiva local.

Los sistemas de clasificación anteriores al BIM presentan a veces disfunciones, ya que no fueron concebidos para relacionarse con "objetos" BIM.

A continuación, veremos un breve apunte de los sistemas de clasificación más utilizados actualmente:

■ Masterformat®

Publicado en 1975 por el CSI (Construction Specifications Institute) en Estados Unidos. Se trata de una clasificación basada en los trabajos de obra necesarios para construir un elemento constructivo o solución constructiva que engloba múltiples elementos que puedan ser necesarios. Se trata de una marca registrada. Su contenido debe adquirirse. Da respuesta a sistemas constructivos en Estados Unidos, por lo que se adapta con dificultad a nuestro entorno y, por ello, es poco utilizado. Consultable en www.masterformat.com previo pago de cuota. (Ver ejemplo al final de este apartado).

■ Uniformat™

Tiene su origen en los años 80, gracias a una iniciativa conjunta de la AIA (American Institute of Architects) y la GSA (General Services Administration) de Estados Unidos. Tras una segunda versión en 1989 (Uniformat II), en 1995 el CSI (Construction Specifications Institute) de Estados Unidos, junto a Construction Specifications Canada, trabajaron para obtener una marca registrada. La última versión disponible es "Uniformat 2010". Este sistema agrupa los elementos de construcción según quedan instalados en obra, independientemente de cómo se hayan construido. Tiene un uso interesante para estimar costes en las fases iniciales de proyectos, con precios unitarios asimilables a lo que denominaríamos ratios (costes m²/construido). www.csinet.org. Ver ejemplo al final de este apartado.

■ Uniclass

El Reino Unido publicó este sistema de clasificación en 2015 dentro de su estrategia de impulsar la construcción de su país a nivel internacional. Es un sistema gratuito y consultable en web. Se estructura en tablas que ponen el foco en distintos aspectos: actividades, espacios, elementos/funciones, sistemas y productos. La versión actualizada puede ser consultada en Uniclass 2105 (ver ejemplo al final de este apartado).

■ Omniclass

Se trata de un sistema pensado ya para su orientación hacia objetos y estandarizarlos mediante normas de la serie ISO 12006. Intentó integrar los principios de clasificación citados anteriormente (Masterformat, Unifomat, Uniclass). Pretende dar servicio a la industria de la construcción en la definición de catálogos, publicación de características técnicas o redacción de proyectos, memorias y pliegos, etc.

Los códigos de clasificación se obtienen de un conjunto de tablas. Cada tabla tiene una jerarquía de cuatro niveles. No todas las tablas son aplicables a BIM. Su contenido puede consultarse en abierto en www.omniclass.org. Ver ejemplo al final de este apartado.

■ COBie

Es una iniciativa del NIBS (National Institute of Building Sciences) de Estados Unidos, que el Reino Unido adoptó en su estrategia de implantación BIM. Se trata de un formato interoperable que permite transmitir información sobre operación y mantenimiento. El nombre significa Construction Operations Building Information Exchange. Los atributos de los elementos se recogen en una hoja de cálculo con distintas pestañas temáticas (Contact, Facility, Floor, Space, Zone, Type, Component, System, Assembly, etc.).

La información oficial sobre COBie se encuentra en la página web del WBDG³⁴ (Whole Building Design Guide). Ver ejemplo al final de este apartado.

■ GuBIMclass

El Grupo de Usuarios BIM de Catalunya (GuBIMCat³⁵), emprendió en 2015 un trabajo de elaboración de un sistema de clasificación que pudiera superar algunas de las limitaciones de los sistemas conocidos, que resultaban en ocasiones demasiado genéricos y poco pensados para la gestión de modelos BIM. En 2017, se hizo pública la primera versión del sistema de clasificación de elementos por su función.

Esta clasificación estaba pensada originalmente para edificación y, actualmente, se encuentra en un proceso de ampliación para acoger otras disciplinas (obra civil, urbanización y obras hidráulicas y ferroviarias).

³⁴ <http://www.wbdg.org/resources/construction-operations-building-information-exchange-cobie>

³⁵ <http://gubimcat.blogspot.com/>

Actualmente, es utilizada en distintos ámbitos en el territorio español y en Cataluña se pide su utilización en el Manual BIM de la Generalitat de Catalunya.

Puede obtenerse en: <http://gubimcat.blogspot.com/>

■ Multclasificación en objetos BIM

El código de clasificación se asigna a los objetos BIM dentro de uno de los atributos o propiedades de que dispone. Cada herramienta de modelado contempla la asignación del código de clasificación a su manera.

En el estándar eCOB®, al que se ha hecho referencia en el apartado anterior sobre Estructura de la Información, se utiliza la multclasificación. Es decir, los objetos BIM contienen un atributo o propiedad para cada uno de los sistemas de clasificación citados, de modo que facilita que cada usuario trabaje en cada momento con el sistema que le sea más útil o cómodo.

En la imagen que sigue, puede verse la clasificación de un pilar de hormigón de acuerdo con distintos sistemas. Obsérvese que para cada sistema hay una propiedad en la que aparece la descripción y otra con la codificación que le corresponde. El orden de las propiedades es alfabético. Esta imagen corresponde a la forma en que eCOB® aplica el concepto de multclasificación de un mismo objeto BIM:

CategoriaCobie	21-02.10: Superstructure	<i>Categoria COBie</i>
CodigoGubimclass	20.20.10.10	<i>Código Gubimclass.</i>
CodigoOmniclass	21-02.10	<i>Código Omniclass según tabla 21</i>
CodigoUniclass2015	EF_20_30	<i>Código Uniclass según tablas de elementos o sistemas.</i>
CodigoUniformat2010	B10	<i>Código Uniformat 2010.</i>
DescripcionGubimclass	Pilares	<i>Descripción Gubimclass.</i>
DescripcionOmniclass	Estructura	<i>Descripción Omniclass según tabla 21</i>
DescripcionUniclass2015	Columns	<i>Descripción Uniclass según tablas de elementos o sistemas.</i>
DescripcionUniformat2010	Estructura	<i>Descripción Uniformat 2010.</i>

Figura 4. Ejemplo de multclasificación de un pilar de hormigón extraída del estándar eCOB®.

7.3.2.FEDERACIÓN DE MODELOS

En un proyecto conviven distintos subproyectos o disciplinas como la cimentación, las estructuras, los elementos de seguridad, las instalaciones de drenaje, etc. Cada una de ellas puede ser un modelo BIM elaborado por un equipo distinto. A la operación de superponer esos distintos modelos para mostrarlos como uno solo la denominamos Federación de Modelos. Puede hacerse con modelos en formatos nativos o bien en formatos abiertos como IFC.

Los requisitos del cliente establecerán los sub-modelos o modelos de disciplina en que se quiere subdividir un proyecto.

Las aplicaciones informáticas que permiten federar diversos modelos de un mismo proyecto, con el objeto de analizar la coordinación 3D, usan las clasificaciones para filtrar dichos análisis.

La subdivisión de un proyecto en subproyectos con sus sub-modelos respectivos permite, entre otros:

- La colaboración entre distintas disciplinas.
- El avance en paralelo de los trabajos de desarrollo.
- La coordinación geométrica y la detección de colisiones.
- La identificación de responsabilidades.

7.4.ENTREGABLES Y FORMATOS

7.4.1.ENTREGABLES BIM

El uso de la metodología BIM puede generar una serie de entregables, conocidos habitualmente como entregables BIM, los cuales podemos clasificar del siguiente modo:

- El Plan de Ejecución BIM, que puede ser definido o actualizado para cada una de las fases del proyecto.
- El o los Modelo/s de Información. Como se ha visto anteriormente, el Modelo de Información puede a su vez estar dividido o federado en varios submodelos de distinto ámbito, como podrían ser arquitectura, estructura, instalaciones, planificación de obra, presupuestos, carreteras, etc.

- Documentos que pueden ser generados a partir del Modelo de Información, como pueden ser planos, imágenes, vídeos, listados, informes, programas, etc.

Precisamente, una de las ventajas principales del uso de la metodología BIM es disponer del modelo como fuente única de información, de forma que cualquier cambio en el mismo permita poder actualizar todos los documentos derivados del mismo.

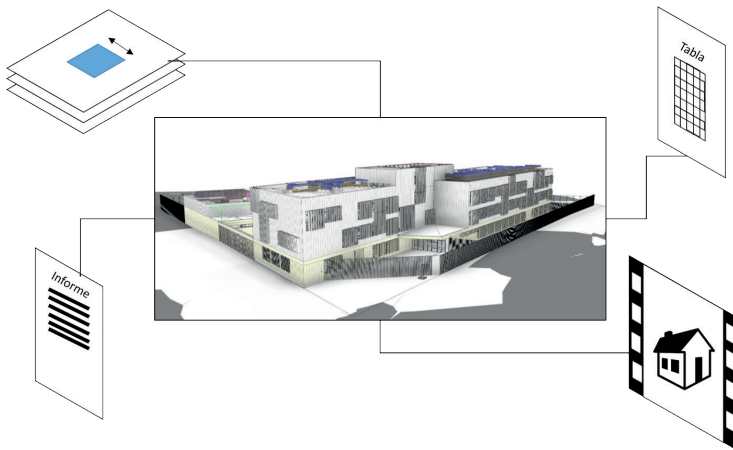


Figura 5. Documentos derivados del Modelo BIM.

Será el demandante del Modelo BIM el que definirá, en el PEB, para cada proyecto y fase cuáles son los entregables esperados en función de sus Usos BIM y los requisitos de información.

Por ejemplo, uno de los entregables que es cada vez más demandado para la fase de operación y mantenimiento es un inventario utilizando el esquema COBie que se ha explicado anteriormente. Más información sobre este entregable y otros aspectos de interés para la fase de operación y mantenimiento pueden encontrarse en la Guía BIM para Propietarios y Gestores de Activos³⁶ que ha publicado buildingSMART Spain.

³⁶ <https://www.buildingsmart.es/recursos/gu%C3%ADa-bim-para-propietarios-y-gestores-de-activos/>

La siguiente tabla muestra, a modo de ejemplo, el listado de entregables BIM requeridos en cada una de las fases de un proyecto.

Entregable BIM	Anteproyecto	Proyecto Básico	Proyecto Ejecución	Construcción	Puesta en marcha	Operación y Mantenimiento
Modelo BIM	X	X	X	X	X	X
Planos 2D		X	X	X	X	
Inventario		X	X	X	X	X
Mediciones		X	X	X	X	
Control de Calidad					X	
Renders	X					

Tabla 1. Ejemplo de relación de entregable BIM requeridos en cada fase.

Cabe añadir que no es suficiente con indicar los entregables BIM requeridos y su contenido, sino también el formato de archivo en el que deben ser entregados.

4.4.2.FORMATOS

Un formato de archivo es la forma en que la información se organiza y codifica en un archivo informático.

Existen diferentes formatos de archivo en función del tipo de información que van a almacenar: texto, imágenes, vídeos, etc., si bien es importante distinguir entre formatos abiertos y formatos propietarios.

Un formato abierto es un formato cuyas especificaciones técnicas son de dominio público, gestionado por los organismos de normalización y estandarización y sin ningún tipo de restricción legal. La gran ventaja de los formatos abiertos es que garantizan el acceso a los datos a largo plazo y este es un factor fundamental, especialmente cuando estamos hablando de un edificio o una infraestructura cuyo tiempo de vida es superior a 50 años.

Por otro lado, un formato propietario es un formato que está controlado por intereses privados. Este hecho provoca que exista cierto grado de incertidumbre sobre la accesibilidad a la información a lo largo del tiempo.

Existen algunos formatos que, originalmente, eran propietarios, pero cuyas especificaciones y control han sido cedidas a los organismos de normalización, pasando a ser formatos abiertos, como por ejemplo PDF (Portable Document Format).

Si hablamos de los Modelos BIM, cada aplicación software lo genera en un formato propietario distinto. Por ejemplo, Autodesk Revit genera ficheros .RVT y Archicad ficheros .PLN.

Sin embargo, para evitar problemas de acceso a la información contenida en los ficheros de los Modelos BIM, incluso utilizando el mismo software pero de versiones diferentes, fue desarrollado por la asociación buildingSMART el formato abierto IFC, el cual es estándar ISO 16739. Actualmente, la mayor parte de herramientas BIM puede importar y/o exportar ficheros IFC, los cuales además pueden ser utilizados mediante visores para realizar tareas de control de calidad del modelo.

También en el resto de entregables BIM existen formatos abiertos y formatos propietarios, como se puede observar en la siguiente tabla.

Entregable BIM	Formato abierto	Formato Propietario
Modelo BIM	.IFC	.RVT, .PLN, .ALL, .NDW
Planos	.PDF	.DXF, .DWG
Tablas	.ODS	.XLSX
Informes	.ODT, .PDF	.DOCX
Imágenes o Renders	.JPG	.GIF
Presupuesto	.BC3	
Vídeos	.MP4	.AVI

Tabla 2. Tipos de formatos de los entregables BIM.

Actualmente, el modelo BIM en formato IFC es cada vez más demandado por clientes públicos en España, tal y como se aprecia en la siguiente gráfica extraída del 7º Informe del Observatorio de Licitaciones Públicas BIM de esBIM³⁷.

³⁷ <https://www.esbim.es/observatorio/>

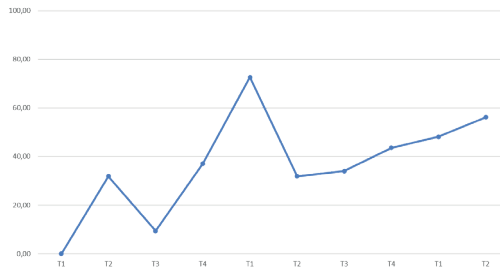


Figura 6. Evolución del requerimiento del Modelo BIM en formato IFC en licitaciones públicas en España.

Las ventajas de que los entregables BIM estén en formatos abiertos son las siguientes:

- No depender de un proveedor de software.
- Permitir la reutilización de la información.
- Accesibilidad de la información a lo largo del tiempo.
- Permitir que cualquier agente pueda participar en cualquier proyecto, independientemente de la herramienta SW que utilice.
- Promover la competencia y la innovación en el mercado.

7.5. BASE DOCUMENTAL ADICIONAL

Guía BIM. Generalitat de Catalunya. Junio 2019:

http://territori.gencat.cat/web/.content/home/01_departament/actuacions_i_obres/BIM/guies_manuals_BIM/guia_BIM.pdf

Manual BIM. Generalitat de Catalunya. Junio 2019:

http://territori.gencat.cat/web/.content/home/01_departament/actuacions_i_obres/BIM/guies_manuals_BIM/manual_BIM.pdf

Biblioteca de objetos genéricos BIM. ITeC:

<https://metabase.itec.cat/bim/es/filter>

Documentación BIM del Área Metropolitana de Barcelona, AMB:

<https://bim.amb.cat/#>

Guía BIM para propietarios y Gestores de Activos:

<https://www.buildingsmart.es/recursos/gu%C3%ADa-bim-para-propietarios-y-gestores-de-activos/>

8

PRODUCCIÓN COLABORATIVA DE INFORMACIÓN Y CDE

- 8.1. Gestión de Modelos de Información.
- 8.2. Trabajo colaborativo.
- 8.3. Entorno Común de Datos (CDE).
- 8.4. Aplicación a proyectos.
- 8.5. Base documental adicional.

8.1. GESTIÓN DE MODELOS DE INFORMACIÓN

En la etapa dos de Madurez BIM, según la serie de Normas ISO 19650 ³⁸, se producen los modelos de información federados mediante una combinación de procesos manuales y automatizados de gestión de información. El Modelo de Información incluye todos los contenedores de datos proporcionados por los equipos de trabajo de un activo o proyecto.

8.1.1. CONTENEDOR DE INFORMACIÓN

El concepto de contenedor de la información que se utiliza para la gestión de los modelos se refiere a un conjunto de información persistente y recuperable desde archivo, sistema o aplicación de almacenamiento jerarquizado.

PRODUCCIÓN DE MODELOS DE INFORMACIÓN

La producción de los Modelos de Información que contienen los entregables se producen en los flujos de trabajo de las fases de desarrollo y de operaciones. Estos flujos de trabajo deben producirse dentro del Entorno Común de Datos (CDE), elemento central que permite la producción colaborativa de información, compartiendo e intercambiando la información entre todas las partes integrantes del desarrollo del proyecto o gestión del archivo.

CICLO DE VIDA DE LOS MODELOS DE INFORMACIÓN

Al inicio de la etapa de desarrollo, se produce la transferencia del Modelo de Información del Activo (AIM) al Modelo de Información del Proyecto. A partir del modelo inicial, se genera un desarrollo progresivo del PIM hasta el FIN del de la fase de Desarrollo, donde se produce una transferencia de la información relevante del PIM al AIM.

A la finalización de la fase de desarrollo y con la entrega del modelo de información, se debe garantizar que se hayan cumplido los requisitos de información. La información relevante de los activos recopilada durante esta fase se debe unificar para su entrega y ser de utilidad para la operación y mantenimiento (ver en la Guía de Introducción a la Serie EN-ISO 19650 de la BSSCH ³⁹).

³⁸ <https://www.buildingsmart.es/app/download/12527207526/Actualizaci%C3%B3n%20Int.%20Normas%20EN-ISO%2019650.pdf?t=1581339119>

³⁹ <https://www.buildingsmart.es/app/download/12527207526/Actualizaci%C3%B3n%20Int.%20Normas%20EN-ISO%2019650.pdf?t=1581339119>

8.2. TRABAJO COLABORATIVO

8.2.1. PRINCIPIOS BÁSICOS

Según la ISO 19650, las partes deben acordar unos principios básicos del trabajo colaborativo basados en contenedores de información para trabajar colaborativamente:

- Hacer referencia solo a información compartida y aprobada.
- Utilizar una tecnología competente.
- Aprovisionamiento de los requisitos de información definidos (OIR,PIR,AIR,EIR).
- Revisión de enfoques, aptitud y capacidades de los equipos, frente a los requisitos establecidos.
- Trabajo en un Entorno Común de Datos (CDE) adecuado.
- Acceso seguro a la información durante toda la vida del proyecto.

8.2.2. CALIDAD DE LA INFORMACIÓN DE LOS MODELOS

Para que la información tenga calidad suficiente para el trabajo colaborativo, pueda incluirse en un CDE y sea comprensible por todas las partes, se deben acordar unos puntos principales:

- Formatos de la información.
- Formatos de los entregables.
- La estructura del modelo.
- Cómo se clasifican y se estructuran el modelo y la información.
- Cómo son los atributos de los metadatos.

8.2.3. NIVEL DE INFORMACIÓN NECESARIO

Más allá de los estándares existentes para definir el Nivel de Información de un modelo BIM (ver capítulo 7.2.3. de esta Guía), la ISO 19650⁴⁰ indica un nuevo concepto de Nivel de Información necesario (Level of Information Need, LOIN). Se trata de la cantidad mínima de información necesaria para satisfacer cada requisito relevante, incluida la información requerida por otras partes contratadas (qué se quiere), hitos (cuándo se quiere), responsable y objetos.

⁴⁰ <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062138>

El Entorno Común de Datos es la base fundamental en cualquiera de las etapas de madurez BIM de la capa tecnológica. Se trata de la fuente tecnológica indispensable para trabajar de forma colaborativa y donde se produce la gestión de la información.

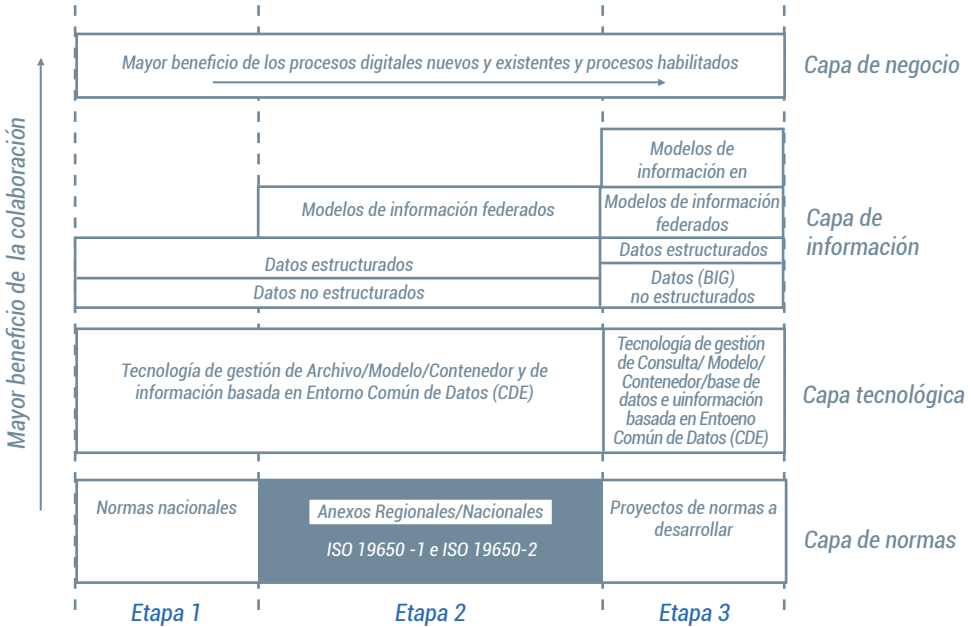


Figura 1. Capa Tecnológica dentro de las Etapas de Madurez dentro de la Gestión de la Información según UNE-EN ISO 19650-1.

8.3.1. DEFINICIÓN

Según la UNE-EN ISO 19650-1:2019 ⁴¹, el Entorno Común de Datos CDE se define como la única fuente de información acordada para cualquier proyecto o activo para recopilar, gestionar y difundir cada contenedor de información, siempre a través de un proceso gestionado.

⁴¹ <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062137>



■ RESPONSABILIDAD

La parte contratante es la responsable de proporcionar el CDE para cada proyecto, ya sea directamente o a través de un tercero (por ejemplo, alguna de las partes contratadas). Normalmente, en las licitaciones se incluye como uno de los requisitos que tiene que proporcionar el adjudicatario o parte contratada principal del proyecto.

■ FUENTE ÚNICA

El CDE tiene que defenderse por todos los agentes participantes como la única fuente de información válida de un proyecto y en un entorno BIM. Su función es la de contenedor digital para que todos los participantes del proyecto gestionen la información relevante. La información relevante, evidentemente, debe incluir no solo modelos de información, planos, documentos, informes, planificaciones, mediciones, etc., sino también cualquier información del proyecto que intervenga en su desarrollo.

■ ACTIVO Y PROYECTO

El CDE debe utilizarse tanto en la gestión de activos como en el desarrollo del proyecto. En el cierre del proyecto, la información del PIM (Modelo de Información del Proyecto) necesaria para la gestión del activo debe trasladarse al AIM (Modelo de Información del Activo). El resto de información quedará en estado archivado, debiendo conservarse en caso de necesidad, auditoría y como datos de lecciones aprendidas para el futuro. Este proceso debe definirse en el EIR (ver en el apartado 6.2. de esta guía).

■ CDE ÚNICO O MÚLTIPLE

En la práctica, los CDE no tienen por qué estar en un solo lugar, especialmente en activos o proyectos de gran envergadura o complejidad. El trabajo colaborativo basado en contenedores permite realizarlo en diversas plataformas o sistemas informáticos, especialmente basados en la nube. Una práctica habitual en grandes proyectos es tener plataformas internas de WIP o archivados, otras plataformas de información compartida y plataformas específicas de control documental, que contienen información en estado aprobado y archivado.

■ ORIGEN

CDE se concibieron originalmente como repositorios de archivos o sistemas de gestión de documentos electrónicos. La definición actual de la ISO proviene de la PAS 1192-2: 2013, que también agregaba que el CDE puede usar un servidor para el proyecto, una extranet, un sistema de recuperación basado en archivos u otro conjunto de herramientas adecuado. Durante muchos años, han existido métodos de sistema de colaboración electrónica,

siendo los gestores documentales imprescindibles en grandes proyectos para el seguimiento de contrato. Sin embargo, actualmente se tiende a la generación de un "gemelo digital" en proyectos colaborativos, a partir de los contenedores de información compartida.

■ EVOLUCIÓN

Durante el desarrollo del proyecto, existe una evolución con tomas de decisión coordinadas y eficientes, en las que los sistemas de comunicación que faciliten el trabajo colaborativo son esenciales. Por ello, existe en la actualidad una gran evolución a la integración dentro de los CDE y en entornos en la nube. En la última encuesta de la NBS del 2019, un 44% de los proyectos en UK utilizan CDE o servidores externos para la gestión de la información.

■ VENTAJAS

- Se conoce el origen de la información generada (gráfica y no gráfica) y se garantiza la trazabilidad.
- Reducción del tiempo y del coste en la producción de información a partir de modelos federados.
- Generación de nueva información a partir de la combinación de contenedores de información existentes.
- Existe una coordinación espacial continua y actualizada.
- Facilita la interoperabilidad entre disciplinas, especialmente si se basa en formatos abiertos (IFC en modelos BIM).

■ OBJETIVOS

- Ser un espacio único para gestionar un proyecto.
- Ser accesible y operable en la nube y en formatos abiertos.
- Garantizar la correcta coordinación y distribución de la información del proyecto.
- Almacenar de forma adecuada la documentación válida y útil del proyecto a lo largo de su vida.
- Permitir la visualización y control del modelo federado.
- Garantizar la propiedad y autoría de la información del proyecto.
- Servir para justificar la entrega de la documentación requerida de las partes.
- Servir para validar y aprobar la documentación entregada requerida por las partes.
- Definir los roles, las responsabilidades y los permisos de cada equipo y persona que intervienen en el proyecto.

■ FLUJOS DE TRABAJO

El flujo de trabajo del CDE describe los procesos que se utilizarán. Una solución de CDE puede proporcionar la tecnología para soportar esos procesos:

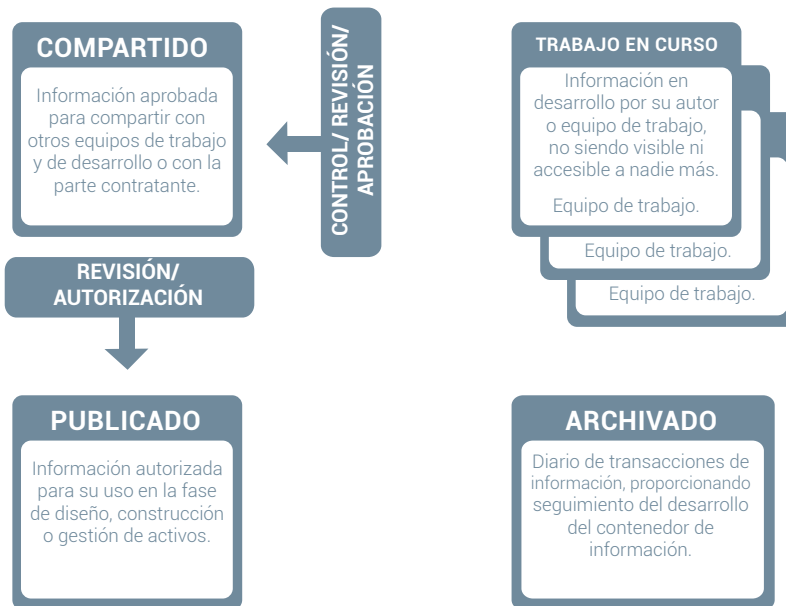


Figura 2. CDE (figura 10 de UNE-EN ISO 19650-1).

Tal y como ya se describía en las normas PAS 1192:2:2013⁴², según este procedimiento, la información contenida en el CDE podrá tener diferentes estados:

- Estado de trabajo en curso (W). Se usa para la información que se está desarrollando por los equipos de trabajo. No visible ni accesible para otros equipos.
- Estado compartido (S). Se usa para el desarrollo colaborativo del modelo de información. Se pueden consultar por todas las partes con el fin de coordinar. Deben ser visibles y accesibles, aunque no editables.

⁴² https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/PAS_1192-2

- Estado archivado (A). Se utiliza para mantener un registro de todos los contenedores de información que se han compartido y publicado durante el proceso de gestión de la información. Permite realizar un seguimiento de la Información completa del proyecto.

Entre cada uno de los estados, existen diferentes transiciones:

- Transición de Control/Revisión/Aprobación (autor del trabajo). Compara el contenedor de información con el programa de desarrollo de información y con estándares, métodos y procedimientos acordados.
- Transición Revisión/Autorización. Compara todos los contenedores en el intercambio con los requisitos para coordinación, integridad y precisión. Si no cumplen, deberían devolverse a Trabajo en Curso para modificación. No podrá ser autorizada la información que está sujeta a cambios.
- Transición Verificación (no existe en la ISO19650, sí en la PAS1192). Realiza el seguimiento de los intercambios de información, estableciendo lo que debe ser archivado.

En los flujos de trabajo del CDE, se pasa por la verificación, la revisión, la aprobación y la autorización y, por ello, es muy importante saber quién debe autorizar cada paso para pasar de compartido a publicado. Existen tres principios fundamentales para cada contenedor de información. Éstos deben establecerse por el equipo de gestión de la información para cada elemento y deben contenerse en los megadatos: Estado (W, S, P, A), Uso (uso permitido o propósito de cada contenedor) y Revisión (versión de la información). En la ISO 19650, no se tiene previsto un esquema o códigos de estado de las revisiones.

Actualmente, existen diferentes medios para el control de estados en las fases de licitación, diseño y construcción que se deben definir en las reuniones de las partes, establecimiento los términos para los entregables en cada etapa.

8.4.APLICACIÓN A PROYECTOS

La Fase de Desarrollo se debe entender como un ciclo donde los agentes participantes desarrollan progresivamente los modelos de información en las fases de Diseño, Construcción y Puesta en Servicio de los Activos Construidos. Una vez se ha completado la puesta en marcha, deberá verificarse y aprobar la información que generarán los futuros requisitos de documentación de la parte contratante en el PIR, OIR, AIR y EIR.

8.4.1.PROCESOS DE VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN DE LA INFORMACIÓN

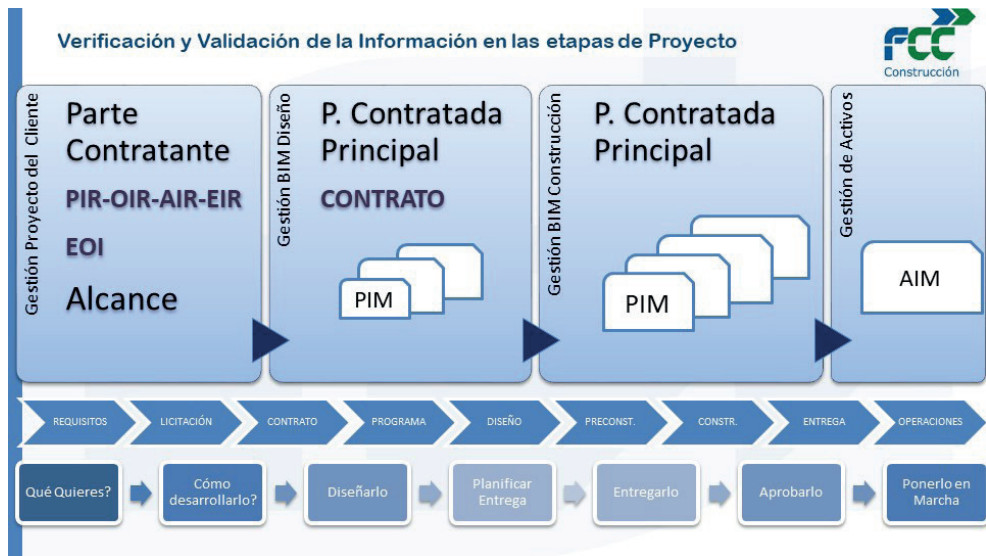


Figura 3. Verificación y Validación de la información ⁴³.

⁴³ Basada en figura 10 de la ANZ Guide to ISO19650

8.5.BASE DOCUMENTAL ADICIONAL

AUSTRALIA AND NEW ZEALAND GUIDE TO ISO19650:

http://brisbim.com/wp-content/uploads/2019/10/ANZ-Guide_ISO19650_Industry-Preview.pdf

BAC (2019). THE NEW ZEALAND BIM HANDBOOK A GUIDE TO ENABLING BIM ON BUILT ASSETS 2019 THIRD EDITION. BIM Acceleration Committee. Mayo 2019:

<https://www.biminz.co.nz/s/NZ-BIM-Handbook-May-19.pdf>

The BIM Delivery Group for Scotland (2018). Scottish Future Trust (SFT), Implementation of a Common Data Environment The Benefits, Challenges & Considerations August 2018:

<https://www.scottishfuturetrust.org.uk/storage/uploads/cdeimplementationresearchaug18.pdf>

Mordue, S. (2015).The common data environment The digital space where BIM data flows [Online]. Retrieved March 2018:

<http://www.bimplus.co.uk/management/common-data-environment-digital-space-where-bim/>

9

ENTREGA DE LA INFORMACIÓN: REQUISITOS DE ENTRADA Y FORMATOS

9.1. Elementos entregables y formatos.

9.2. Requerimientos de información no gráfica.

9.1. ELEMENTOS ENTREGABLES Y FORMATOS

La gestión de un proyecto BIM introduce nuevos procedimientos y flujos de trabajo que se deben considerar cuando se comparan con los métodos considerados tradicionales. Esas particularidades afectan no solo los requisitos en cuanto al tipo de información, sino también a su calidad, a los formatos de entrega y, principalmente, a la forma en cómo se gestiona su transferencia durante el ciclo de vida del proyecto y entre los diversos agentes.

Con la introducción de la metodología BIM en los procesos de licitación, se crean nuevos requerimientos que generan nuevos elementos entregables. La correcta definición de estos elementos, su formato y su contenido en relación con cada fase del proyecto será esencial para que el licitador obtenga el mayor beneficio del uso de la metodología BIM.

Tal y como indica el observatorio de licitaciones creado por la comisión esBIM en julio de 2019, en los apartados 12 y 18, entre los entregables más solicitados se incluye el plan de ejecución BIM y el modelo BIM. Ya sea en formato nativo o como formato abierto, es poco a poco más frecuente la solicitud de planos extraídos del modelo ⁴⁴.

En este apartado de la guía de licitación, se desarrollarán y explicarán los documentos que se podrán solicitar dentro de una licitación, así como los formatos de éstos y el proceso de gestión de los distintos entregables con relación a la fase de proyecto.

9.1.DOCUMENTACIÓN TÉCNICA BIM

Se pueden definir distintos tipos de documentación que se gestiona durante todo el proceso de ejecución de un proyecto BIM. Esta documentación se producirá mediante la extracción de información existente en el modelo BIM y servirá para gestionar las estrategias, procesos, estándares y herramientas a utilizar durante el proyecto.

⁴⁴ https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2019/08/Informe_Observatorio_Julio_19.pdf



9.1.1. DOCUMENTACIÓN DE GESTIÓN

Una de las principales ventajas de la metodología BIM es el potencial de gestión y acceso a una gran cantidad de información centralizada en un único modelo compartido entre todas las entidades involucradas en el proyecto.

Este potencial viene naturalmente asociado a un elevado nivel de complejidad, principalmente a la hora de coordinar todos los procesos que se desarrollan mediante el modelo. El fin es garantizar que la información de proyecto necesaria esté disponible para el agente en el momento que la necesita.

Para ello, se desarrollan distintos documentos de gestión que se deberán entregar en la fase inicial del proyecto y concretar en la licitación. Entre ellos, podemos definir:

- **Plan de Ejecución BIM (PEB).** Documento principal de definición y gestión de procesos, sistemas, etc. Es el primer entregable del proyecto y deberá estar presente durante todo el ciclo de vida, sufriendo constantes revisiones definidas en hitos específicos del proyecto (ver apartado 7.1 de esta guía)
- **Estándares de trabajo BIM.** Se podrá pedir al contratista que desarrolle como entregable un manual de reglas y normas que defina la forma en la que se organizará la información gráfica y no gráfica de los modelos, las mejores prácticas para el software de modelado que utilizar, la codificación de elementos, etc. Estos estándares, que podrán ser definidos por el licitador, serán compartidos entre todos los agentes.

9.1.2. DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO

La centralización de la información en el modelo BIM permite producir una gran parte de la documentación de proyecto mediante extracciones de información. Ésta podrá ser posteriormente importada en programas externos al software de modelado para permitir su aplicación en otros usos.

Entre este tipo de entregables derivados del modelo, podemos definir:

- **Hojas de Cálculo.** La producción de hojas de cálculo extraídas del modelo permiten obtener variada cantidad de información no gráfica de una forma organizada y estructurada.

- **Mediciones o Presupuestos.** Mediante la extracción de datos concretos de cantidades, se pueden desarrollar documentos de mediciones y presupuestos con el uso de distintas plataformas. La conexión entre algunos softwares de mediciones y plataformas de presupuestos permite la actualización de este tipo de entregable en hitos de proyecto predefinidos, manteniendo el origen y la trazabilidad de la información. El formato de trabajo más utilizado es el BC3.

- **Ficheros COBie.** El COBie (Construction Operation Building Information Exchange) es un estándar internacional que permite exportar la información de proyecto, construcción e instalación en una forma estructurada para facilitar las operaciones de gestión y mantenimiento. La información se gestiona mediante hojas de cálculo predefinidas que facilitan la extracción de la información del modelo, así como insertarla en sistemas de gestión de activos.

Toda la documentación técnica que se genere a lo largo del desarrollo del proyecto se deberá de entregar progresivamente en la plataforma común de datos CDE, según los hitos establecidos en los requerimientos de información del pliego.

9.1.2.DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DE PROYECTO

Los modelos BIM han de ser el medio que da coherencia a la información contenida en la documentación gráfica del proyecto, como tal son la principal herramienta de producción y gestión de información gráfica. Para ello, esta deberá provenir del modelo de información.

Quedarán detallados como parte del Plan de Ejecución BIM todos aquellos elementos que sean necesarios producir de modo a cumplir los requerimientos de usos definidos en el pliego, de igual modo, deberán estar indicados todos los elementos que, por razones justificadas de plazos y dedicación requeridos, no formen parte de los modelos BIM.

Entre los distintos elementos gráficos que se entregarán durante las diferentes fases de proyecto podemos indicar los siguientes:

- **Planos técnicos** – Lo ideal es que la mayoría de los planos 2D sea creado con base en la información geométrica y no gráfica de los Modelos BIM,. Esto dependerá de los requerimientos de nivel de detalle geométrico y de información incluidos en el pliego y en el PEB. Diferentes planos no se podrían producir mediante el uso del modelo o tendrían que ser modificados, empleando elementos de anotación de manera que se complementara la información existente. Por ello, todos los planos deberán contener las siguientes indicaciones:

- Diferenciación entre planos provenientes de modelos tridimensionales de información, planos no provenientes de los modelos tridimensionales de información y planos con ambas procedencias.
- Modelo tridimensional nativo de información del que procede o al que queda vinculado.
- Código del plano conforme a la codificación definida en el Plan de Ejecución BIM.
- Modelos de Simulación – El potencial de uso de la información contenida en los modelos BIM permite que se generen modelos de simulación de secuencia de construcción, simulaciones de evacuación o eficiencia energética mediante el uso de plataformas específicas. Dependiendo del software de modelado BIM que se utilice, se podrán conectar directamente con las plataformas de simulación. El tipo de simulación, software y formato de salida deberá estar indicado en el pliego y en el PEB.
- Modelos de Realidad Virtual o Realidad Aumentada – El uso de plataformas de realidad virtual para reuniones de coordinación durante el desarrollo de proyecto potencian la toma de decisiones y la gestión de posibles conflictos entre disciplinas. Además, este tipo de modelos se podrán utilizar durante operaciones de construcción, mantenimiento del activo u operaciones comerciales. Es importante que el uso que se dará a este tipo de modelos, los hitos a los que corresponde su entrega y la plataforma que se utilizará para su creación y visualización estén indicados en el pliego y en el PEB.
- Imágenes o Renderizaciones – La integración del modelo BIM en software de renderizado permiten obtener imágenes fotorrealistas con base en el estado real del activo referente a la fase de proyecto en que se encuentre. Este tipo de imágenes permiten al cliente visualizar soluciones de proyecto de una forma comprensible que facilitan la toma de decisiones. Su uso y formato deberán estar definidos en el pliego y en el PEB.

9.1.3. MODELOS DE INFORMACIÓN

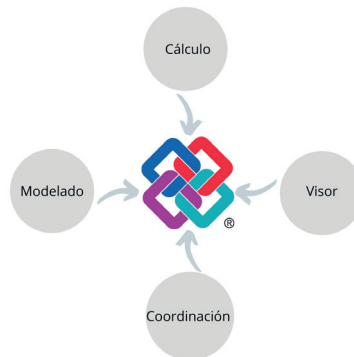
9.1.3.1. *FORMATOS ENTREGABLES*

Los formatos principales para los entregables basados en estándares abiertos son los siguientes:

Formato	Versión	Información
IFC	4x1 o superior	Modelo de información
LandXML	1.2	Información relativa a trazado o superficies
BCF	-	Comunicación de coordinación
BC3	-	Presupuestos
PDF	-	Archivo de texto
JPG	-	Archivo de imagen
AVI	-	Archivo de video
XLS	-	Hoja de cálculo

IFC. IFC son las siglas de Industry Foundation Classes, un estándar para el intercambio de datos en la industria de la construcción que permite compartir información, independientemente del software que se esté utilizando para el modelado o gestión de un modelo tridimensional. Los datos utilizados durante todo el ciclo de vida de un proyecto permanecen almacenados y pueden usarse nuevamente para múltiples propósitos.

Es un formato de archivo basado en la clasificación de elementos, desarrollado por la BuildingSmart International. Su objetivo principal es el de facilitar la interoperabilidad dentro del sector de la construcción y se utiliza en proyectos basados en BIM.



Actualmente, la última versión establecida es la denominada IFC 4x1, la cual aún no soporta la categorización de todos los elementos de un proyecto de infraestructura civil, así como su información no gráfica. Este formato se encuentra en constante evolución, añadiendo nuevas características para poder dar solución a todas las tipologías de proyectos existentes.



● **LandXML.** El archivo LandXML es un archivo de intercambio de información estándar dentro de la infraestructura civil, el cual se basa en tablas XML. La versión de dicho formato recomendada es LandXML1.2.

Este formato almacenará toda la información para poder intercambiar superficies o ejes de viales, entre otras categorías y softwares, pero no se podrá añadir conjuntos de propiedades, como es el caso del IFC.

● **BC3.** El formato estándar BC3 fue creado en 1996 por la asociación FIE-BDC. Permite intercambiar fácilmente información entre programas de realización de presupuestos y bases de datos de la construcción.

9.1.3.2. ENTREGABLES

Para asegurar un correcto funcionamiento y coordinación de los modelos tridimensionales, éstos deberán tener definido la siguiente información:

- Sistema de coordenadas.
- Unidades.
- División de proyecto.
- Configuración de las plantillas.

Durante el proceso de diseño, se efectuará una entrega parcial de los modelos o modelo, que vendrán establecidos por un plan de entregas, aprobado previamente.

Estos modelos deberán entregarse en un formato abierto, dependiendo de la disciplina del modelo (LandXML e IFC 4x1 o superior). Todo ello, con el nivel de información de los elementos adecuado, según el nivel de información requerida. En el caso de que el entregable solo englobe un modelo, no hará falta su modelo federado.

A la finalización de los trabajos, coincidiendo con la entrega de los documentos del Proyecto Constructivo, se entregarán los modelos BIM en formato abierto (LandXML e IFC 4x1 o superior), con el nivel de información (geométrica, no gráfica y vinculada) de los elementos según el nivel requerido en la licitación.

La información generada a lo largo del proceso de desarrollo del modelo deberá estar perfectamente vinculada. Ésta incluye albaranes, facturas, resultados de laboratorio, etc. Se deberá definir en el PEB el nivel de información que se querrá adjuntar.

Los modelos de recopilación de información (nubes de puntos) deberán entregarse en las distintas fases de proyecto al que corresponda la información que contengan. El potencial de estos modelos permite su uso en fases de recopilación de datos iniciales y control de avances de construcción o generación de modelos del estado final de obra. El uso, formato y plataforma que utilizar deberán estar definidos en el PEB.

9.1.4.ELEMENTOS DE COORDINACIÓN



BCF proviene de las siglas Building Collaboration Format. Este formato fue presentado por varias compañías de software BIM en el año 2009. En ese momento, se presentó la idea de usar un estándar abierto para los flujos de comunicación entre herramientas BIM. Este estándar abierto es el que hoy en día se conoce como BCF, un archivo que se compone de tablas XML.

Las experiencias de uso del BCF mostraron una mejora en los flujos de trabajo y se eliminó la necesidad de transferir grandes archivos BIM a través de Internet. El estándar BCF se enfocó en el proceso y la operatividad entre diferentes softwares BIM, en vez de centrarse solo en unas pocas soluciones. Éste refleja el histórico de interacciones entre agentes y permite gestionar la información, los requerimientos, los informes de colisiones, etc.

Entre los entregables de una licitación, los informes de colisiones se entregarán en dicho formato, asegurando la capacidad de interpolar de dicha información entre los diferentes softwares BIM. Se evita, así, que esta información llegue a todos los agentes sin que se pierda nada en el camino.

9.2.REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN NO GRÁFICA

La información no gráfica vinculada en el modelo deberá entregarse en el modelo de información tridimensional IFC, en los atributos vinculados a los elementos del proyecto.

Actualmente, un modelo de información tridimensional contiene datos geométricos y no geométricos. Por ejemplo, un elemento "muro" se clasifica dentro del "edificio" o "building" y dentro de la categoría "muro". Este elemento contiene parámetros o atributos y propiedades que van vinculadas a, por ejemplo, codificación, información de filtros, etc.

A modo de ejemplo, se muestra una tabla que representaría la información no gráfica y sus conjuntos de propiedades.

Información de proyecto	
	Nombre de proyecto
	Autor
	Localización
Información de elementos	
	Largo
	Ancho
	Volumen
	Área
	Material
Información para la planificación	
	Fecha de inicio
	Fecha de fin
Información para la cuantificación	
	Código
	Nombre
	Coste
Otra información	

10

ANÁLISIS DE UN CASO REAL. EJEMPLO DE LICITACIÓN DE CONTRATOS

10.1. Requerimientos BIM en licitación.

Caso real.

10.2. PEB pre-contractual. Caso real.

10.1.REQUERIMIENTOS BIM EN LICITACIÓN. CASO REAL

En el presente documento se estudiarán las siguientes licitaciones públicas:

Licitación 1 de FGV. Renovación de instalaciones e infraestructuras del tramo subterráneo de Línea 1 y 2 de MetroValencia.

En el "ANEXO III. EIR: Requisitos BIM de Información del Propietario" del Pliego de Condiciones Técnicas (en adelante PCT) de la "Asistencia Técnica para la Redacción del Proyecto Constructivo de Renovación y Adecuación de las Instalaciones e Infraestructuras del Tramo Subterráneo de Líneas 1 y 2 de MetroValencia" de la Administración Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (en adelante FGV), publicado el 08/08/2018, se establecen los requerimientos BIM que los licitadores deben cumplir en las memorias técnicas de la ofertas.

Licitación 2 de FGV: Construcción de nuevos accesos en estaciones.

En el "Anexo 4: Requisitos BIM" del Pliego de Condiciones Técnicas (en adelante PCT) de la "Redacción del Proyecto de Construcción de Nuevos Accesos en Estaciones de Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana" de la Administración Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (en adelante FGV), publicado el 01/08/2019, se establecen los requerimientos BIM que los licitadores deben cumplir en las memorias técnicas de la ofertas.

Entre estos requerimientos, la entidad licitante cubre los siguientes apartados relevantes:

Usos BIM. Se presenta la siguiente tabla, donde la Administración Pública (FGV en este caso) lista los diferentes Usos BIM que deben cumplir las entidades licitadoras, indicando para cada Uso BIM:

- **Usos BIM esperados.** Nombre del Uso BIM orientativo sobre el objetivo que cumplir.
- **Prioridad.** Nivel de trascendencia de ese Uso BIM para la licitación.
- **Descripción del objetivo. Valor añadido.** Breve descripción del Uso BIM, donde se menciona la intencionalidad que se pretende obtener con cada uno de ellos en la licitación.
- **Responsable.** Perfil encargado de ejecutar dicho Uso BIM



USO BIM	NOMBRE USO BIM	OBJETIVO ESPERADO	RESPONSABLE
1	Información centralizada	Usar los modelos BIM como fuente única, estandarizada y centralizada de la información producida durante la redacción de proyecto constructivo para su almacenamiento entorno al modelo digital y para una más coherente y uniforme transferencia de información de la fase de redacción a la fase de obra.	Consultor
2	Revisión de diseño	Uso de los modelos BIM potenciando su capacidad para revisar, modificar y complementar información del proyecto constructivo.	Consultor/ FGV
3	Visualización	Usar los modelos BIM para favorecer la visualización del avance de los trabajos de diseño, permitiendo una mejor comprensión de los procesos y una más fácil anticipación en la toma de decisiones. Esto permite también favorecer el sistema de producción de información del proyecto.	Consultor
4	Coordinación 3D	Mejorar la coordinación del proyecto, integrando el uso de los modelos BIM en los procesos de coordinación entre disciplinas, incluso terceros externos al proyecto.	Consultor
5	Obtención de documentación 2D	Obtener la documentación 2D a partir de los modelos BIM, y centralizar la producción de información 2D en los modelos BIM. Esto permite un mayor grado de coherencia en la información contenida en los planos.	Consultor
6	Obtención de mediciones	Usar modelos BIM con información clasificada y estandarizada, para garantizar un mayor grado de trazabilidad para las partidas que componen el presupuesto.	Consultor
7	Generación de infografías	Generación de un informe visual realista y renderizados para uso y promoción de los trabajos realizados.	Consultor
8	Simulaciones constructivas	Uso de los modelos BIM para realizar simulaciones constructivas que permitan reducir riesgos e incertidumbres en la fase de obra y la elección de los sistemas y procesos óptimos y seguros.	Consultor
9	Medio ambiente	Obtención de la huella de carbono de la solución proyectada mediante el uso de los Modelos BIM.	Consultor
10	Análisis de alternativas	En las fases tempranas del proyecto, se usarán los Modelos BIM como herramientas de evaluación de alternativas propuestas, garantizando una mayor visibilidad y capacidad de decisión de la alternativa óptima a desarrollar.	Consultor
11	Gestión RAMS	Uso de los modelos BIM como apoyo para los análisis de riesgos y gestión RAMS.	Consultor

LICITACIÓN 2 DE FGV.

Niveles de Desarrollo de los modelos (LOD). La entidad licitante definirá:

Niveles de información geométrica. El rango de niveles de detalles, la información que contendrá cada nivel de detalle y una matriz del nivel de detalle asignado a cada fase de proyecto y disciplina técnica.

LOD	DEFINICIÓN
LOD 100	Conceptual: Representación simple de la reserva de la ocupación del espacio de un objeto con el detalle mínimo para ser identificable. La representación es tridimensional y de color poco esmerado
LOD 200	Genérico: Un modelo genérico suficientemente modelado para identificar el tipo y los componentes. Las dimensiones pueden ser aproximadas.
LOD 300	Específico: Un objeto específico suficientemente modelado para identificar materiales de tipos y componentes, con las dimensiones exactas. Adecuado para producción, o pre-construcción, es decir, con un diseño cerrado. Corresponde a una envolvente geométrica exacta de los elementos.
LOD 400	Para fabricación. Un objeto suficientemente detallado, preciso y concreto según requisitos de construcción y que incluye la geometría y datos para la subcontratación del especialista. Ha de incluir todos los sub-componentes necesarios adecuados para permitir su fabricación.
LOD 500	Modelo "AsBuilt". Un modelo que representa la forma ejecutada de la infraestructura existente y el objeto construido con cualquier adecuación de construcción.

LICITACIÓN 2 DE FGV.

Fase de proyecto	Estudio de alternativas	Proyecto Constructivo
Emplazamiento (elementos existentes) - EM		
Topografía	LOD500	LOD500
Edificios existentes	LOD500	LOD500
Cimentaciones	LOD500	LOD500
Estructuras (horizontales y verticales)	LOD500	LOD500
Aceras	LOD500	LOD500
Calzadas, elementos del vial y señalización	LOD500	LOD500
Arbolado y jardinería	LOD500	LOD500

Obras lineales - trazado del vial - OL		
Geometría del trazado	LOD200	LOD300
Movimientos de tierras	LOD200	LOD300
Rellenos de hormigón	LOD200	LOD300
Superestructura de vía carril	LOD200	LOD300
Viario y urbanización UR		

LICITACIÓN 2 DE FGV.

Niveles de información no gráfica. La entidad licitante definirá la estructuración de la información no gráfica de los modelos (metadatos) que normalmente se agruparán en propiedades (set de propiedades). Ejemplo:

NOMBRE PARÁMETRO	SET DE PROPIEDADES	TIPO CAMPO	DESCRIPCIÓN
FGV_DISCIPLINA	PSET_FGV	TEXTO	Disciplina a la que pertenece el elemento
FGV_SUBDISCIPLINA	PSET_FGV	TEXTO	Subdisciplina a la que pertenece el elemento
FGV_CLASIFICACIÓN	PSET_FGV	TEXTO	Código de clasificación del elemento
FGV_MEDICIÓN	PSET_FGV	TEXTO	Código de la unidad de obra a la que hace referencia el elemento
FGV_EDT	PSET_FGV	TEXTO	Estructura del desglose de los trabajos
FGV_FASE	PSET_FGV	TEXTO	Fase a la que pertenece el elemento del modelo
FGV_PROYECTO	PSET_FGV	TEXTO	Proyecto al que hace referencia

LICITACIÓN 2 DE FGV.

Agentes implicados y organigrama tipo. Para licitaciones donde se requiere metodología BIM, deben aparecer perfiles dedicados a la gestión y a la producción de las actividades relacionadas, tanto en la entidad licitante como en la entidad licitadora. Como mínimo, los roles BIM deberían ser:

- Entidad licitante. Responsable de requerimientos BIM que debe validar las propuestas realizadas por la entidad licitadora sobre: organización de equipo de trabajo, sistemática de trabajo y estructuración del modelo BIM y revisiones de los modelos entregados por la entidad licitadora.
- Entidad licitadora.

Responsable BIM/Coordinador BIM. En función de la envergadura del proyecto, se podrá designar un Responsable BIM únicamente (en proyectos pequeños con pocas disciplinas técnicas involucradas) o un Responsable BIM General y Coordinadores BIM por cada una de las disciplinas (en proyectos grandes con muchas disciplinas técnicas involucradas).

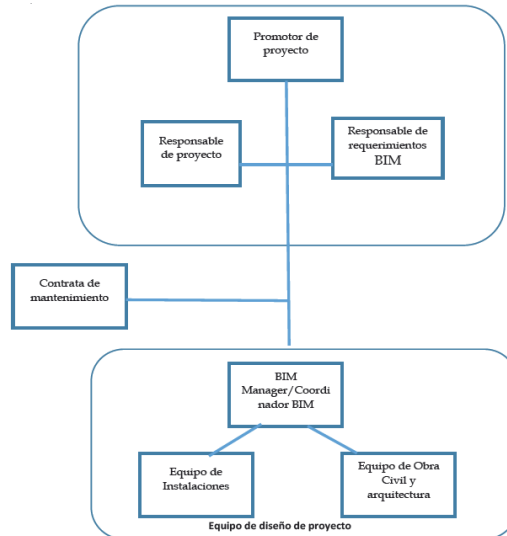
Equipo de trabajo BIM por disciplina. Se deberán constituir equipos de especialistas BIM y modeladores BIM por cada una de las disciplinas técnicas, en función de la magnitud del proyecto. Éstas se encargarán del diseño y del modelado de los diferentes elementos que componen cada disciplina técnica.

Rol	Entidad Empresa	Persona de contacto	Funciones	Detalles (correo, tlf, ...)
Promotor de proyecto	FGV		Definir objetivos y requerimientos generales de resultado del proyecto, validación de prioridades y presupuesto general del proyecto.	
Responsable de proyecto	FGV		Coordinación del proyecto. Validar y revisar soluciones y propuestas técnicas. Revisión de entregas.	
Responsable de requerimientos BIM	FGV		Validar propuestas de organización del equipo de trabajo, mecanismos de trabajo y estructuración del modelo de datos. Revisión de entregas.	

BIM Manager/ Coordinador BIM	(*)	(*)	Crea y mantiene los archivos de plantilla del software. Validación de documentos y archivos. Propone estructuración, taxonomía y topología del modelo. Proporciona control de calidad para la integridad y el cumplimiento de estándares. Asiste en el desarrollo y aplicación de normas de proceso y flujo de trabajo BIM. Da soporte en la coordinación del proyecto con los clientes.	(*)
Equipo de instalaciones	(*)	(*)	Diseño y modelización de elementos de los diferentes sistemas de instalaciones y equipamientos. Generar y mantener la documentación y los entregables de proyecto.	(*)
Equipo de obra civil y arquitectura	(*)	(*)	Diseño y modelización de elementos de los diferentes sistemas de instalaciones y equipamientos. Generar y mantener la documentación y las entregas de proyecto.	(*)
Contrata de mantenimiento de túneles			Aportar requerimientos de mantenimiento sobre las propuestas constructivas. Aportar información para el enriquecimiento del modelo de datos.	

LICITACIÓN 1 DE FGV.

Un ejemplo de organigrama de trabajo podría ser:



LICITACIÓN 1 DE FGV.

- **Unidades, referencia y sistema de coordenadas.** Se deberán especificar el Datum y las unidades de medida que se emplearán en el modelo.

- **Estructuración de datos.**

División de modelos. La entidad licitante identificará aquellas disciplinas técnicas (y subdisciplinas, en su caso) o elementos del proyecto que sean susceptibles de ser diferenciados con el fin de establecer un criterio para la división de los modelos BIM.

Clasificación de elementos constructivos. Establecer criterios para designar de forma unívoca a cada elemento del modelo: por modelo BIM al que pertenezca el elemento, por ubicación del elemento, por disciplina/subdisciplina... Además, se puede proponer una clasificación estándar para el nombramiento de los elementos: Uniclass, Omniclass...

- **Estrategia de colaboración.**

Entorno Común de Datos. La Administración definirá un Entorno Común de Datos que gobierne la operativa de trabajo del proyecto, especificando:

- **Plataforma que soportará el Entorno Común de Datos:** nube, FTP...
- **Estrategia de flujo de información.** Diferentes estados que tendrá cada uno de los archivos del proyecto, en función de la fase de madurez en el que se encuentre. Por ejemplo:
 - En proceso: documentos de trabajo, por disciplina, no validados ni verificados en el conjunto del proyecto, tales como esquemas, conceptos en desarrollo y modelados parciales.
 - Compartido: datos verificados por el coordinador BIM y aptos para ser compartidos y validados por otros integrantes del equipo de proyecto y el cliente.
 - Publicado: datos diseñados y validados aptos para la validación de mantenedores y estimación de costes y operación.
 - Archivado: datos validados y verificados aptos para la revisión global del proyecto y requerimientos legales de verificación.

LICITACIÓN 1 Y 2 DE FGV.

- **Nomenclatura de archivos.** Se especificará la estrategia de nombrado de los archivos por la entidad licitante. Por ejemplo:

(aamddd)_(CÓDIGO PROYECTO)_(NOMBRE CORTO PROYECTO)_(DISCIPLINA)_(FASE)_v(n).(extensión)

- Aamddd: año, mes y día.
- CÓDIGO DE PROYECTO: a definir por la propiedad.
- Nombre corto de proyecto: TUNBADAL.
- DISCIPLINA:
 - AR arquitectura.
 - ES estructura.
 - I(m) instalaciones, con m:
 - . V ventilación.
 - . S señalización.
 - . E eléctricas.

- . U emergencias.
-Etc.
- CO (Coordinación).
- SI (situación-emplazamiento).

- FASE: E (existente), AA (análisis de alternativas), EG (encaje geométrico), MD (modelo desarrollado), C(construcción), R(recepción).
- N: versión del documento.

LICITACIÓN 1 Y 2 DE FGV.

Softwares y formatos de archivos. Por cada Uso BIM se definirá el software de aplicación, la versión de cada uno de los softwares, los formatos de archivos nativos y de colaboración/intercambio y el equipo responsable de realizar cada Uso BIM.

Se pretenderá que los archivos de colaboración/intercambio sean de "Open Source", como puede ser el formato IFC. Se intentará, además, que los softwares empleados para la revisión de los modelos sean libres.

Uso BIM	Equipo Responsable	Software	Formato de archivo previsto colaboración
Modelado de condiciones existentes			
Desarrollo de modelo digital			
Revisión de diseño			
Análisis de instalaciones			
Análisis estructural			
Estimación de coste 5(D)			
Planificación de fases 4(D)			
Planificación de ocupaciones de espacio público			
Gestión de activos			

LICITACIÓN 1 DE FGV.

Entregables del proyecto y previsión de fechas. Se establecerá una estrategia de entregables BIM por cada una de las fases de proyecto establecidas en el PCT, identificando: listado de entregables BIM por cada fase de proyecto, descripción de cada entregable, formato de archivo entregable, responsable del entregable, destinatario del entregable...

Calendario de reuniones. La entidad licitadora definirá la periodicidad de las reuniones de seguimiento y los perfiles que deben estar presentes en dichas reuniones.

Control de calidad. Se deberá definir una estrategia de las comprobaciones de aseguramiento de calidad de los modelos BIM que genera la entidad licitadora.

Esta estrategia debe contemplar: listado de chequeos que realizar, descripción detallada del alcance de cada chequeo, responsable de realizarlo y la frecuencia de los mismos.

CHECK	Definición	Responsable	Frecuencia
Comprobaciones geométricas	Verificar la correcta coordinación del origen de los diferentes archivos que definen el modelo.	PM, REP	En las entregas
	Detectar problemas en el modelo en que los elementos (incluyendo blandos y duros) de construcción colisiones, están duplicados o mal definidos. También implicará interferencias con superficies construidas.	PM, REP	En las entregas
	Comprobación de ajuste en la definición de los objetos al LOD requerido.	PM, REP	En las entregas
Comprobaciones topológicas	Verificación de la correcta estructuración y agrupación de elementos según tipologías constructivas y ámbitos de la infraestructura.	PM, REP	En las entregas
Comprobaciones de tipología de elementos	Comprobación y mapeo de las asignaciones de clase de IFC en elementos.	PM, REP	En las entregas
	Verificación de la correcta taxonomía y de los diferentes tipos de elementos, así como de sus nombres.	PM, REP	En las entregas
	Asegurar que se siguen los estándares BIM y de planos de arquitectura, ingeniería de instalaciones que se han seguido (fuentes, dimensiones, estilos de línea, niveles/capas, etc.).	PM, REP	En las entregas

Comprobaciones de metadatos	Comprobación de la asignación estructurada y exhaustiva de datos y metadatos en los diferentes elementos, así como de que se ha hecho el adecuado análisis de filtración.	PM, REP	En las entregas
	Se verificará que la denominación y asignación de metadatos a los elementos tienen la correcta designación y definición.	PM, REP	En las entregas
Comprobaciones documentales	Asegurar que se siguen los estándares BIM en las representaciones, planos de arquitectura, ingeniería y de instalaciones (fuentes, dimensiones, estilos de línea, niveles/capas, etc.).	PM, REP	En las entregas
	Comprobación de la correcta relación, designación y vinculación entre documentos del Entorno Común de Datos.	PM, REP	En las entregas
Comprobaciones de interoperatividad	Comprobación de la consistencia e integridad del modelo en formato interoperable IFC en cuanto a las referencias entre los archivos y las importaciones con softwares específicos, la definición de contornos y geometría, la estructura de niveles, la asignación de clases IFC y la ordenación y contenido de metadatos y parámetros.	PM, REP	En las entregas

10.2. PEB PRE-CONTRACTUAL. CASO REAL

En base a los requerimientos BIM definidos por la entidad licitante en el PCT, cada entidad licitadora deberá elaborar un Plan de Ejecución BIM (en adelante PEB) Pre-Contractual que formará parte de la oferta técnica.

Este PEB Pre-Contractual marcará el punto de partida de la estrategia planteada por la entidad licitadora para aplicar la metodología BIM en el contrato. Este documento estará sujeto a revisión por parte de la entidad licitante una vez que sea adjudicado el contrato a la entidad licitadora.

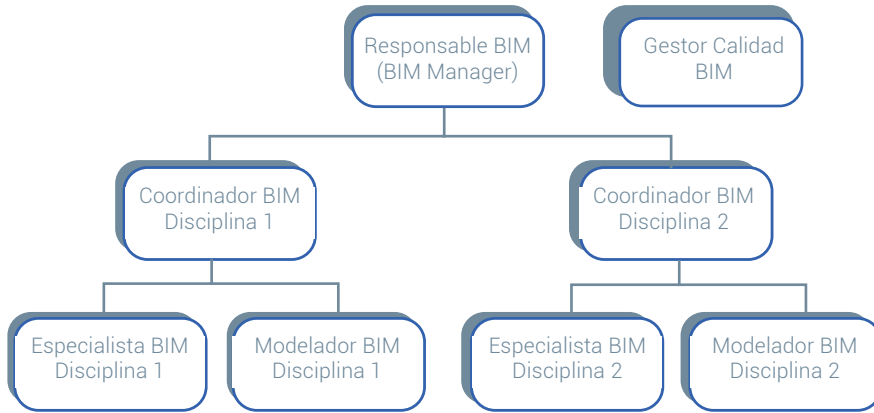
Los puntos clave que se deben tratar en este documento son:

Usos BIM.

Uso BIM	Nombre Uso BIM	Estrategia a seguir
1	Información centralizada	Los modelos BIM se dividirán por localizaciones y disciplinas, creando modelos de coordinación por localizaciones donde se vinculen todas las disciplinas de esa localización. De esta forma, la fuente de información será única, estandarizada y centralizada.
2	Revisión de diseño	El modelo de coordinación de cada una de las localizaciones (que integra todas las disciplinas) servirá para la revisión y validación de cada estación.
3	Visualización	El mismo modelo de coordinación servirá para mejorar la visualización pluridisciplinar de cada una de las localizaciones y para tomar decisiones de los diferentes especialistas técnicos.
4	Coordinación 3D	Este modelo de coordinación servirá también para coordinar las diferentes disciplinas técnicas y para garantizar que el modelo está libre de colisiones.
5	Obtención de documentación 2D	Se generará un modelo de publicación que contendrá los vínculos de todos los modelos de elementos BIM de las diferentes disciplinas que componen una localización concreta. En base a este modelo de publicación, se generarán todas las vistas y planos que compondrán la entrega final de documentación gráfica.
6	Obtención de mediciones	Se parametrizarán los elementos BIM de las diferentes disciplinas de tal forma que se asociarán los códigos introducidos a cada elemento a la partida presupuestaria que le corresponda. Este flujo de trabajo se realizará con los siguientes softwares: Revit – Cost-It – Presto.

Niveles de Desarrollo de los modelos (LOD). Definición del LOD para geometría y para información no gráfica en base a los requerimientos BIM expuestos en el PCT.

Organigrama tipo. Un posible organigrama del equipo técnico BIM de la entidad licitadora del contrato podría ser el siguiente.



Unidades, referencia y sistema de coordenadas. Establecer las unidades de trabajo y el sistema de coordenadas a emplear para que todos los modelos compartan dichas coordenadas.

Estructuración de datos. En base al PCT, el licitador expondrá la sistemática y los requisitos para la división de modelos, a la vez que indicará el sistema de clasificación de elementos constructivos.

Estrategia de colaboración. El licitador definirá la estrategia de flujo de información a través del Entorno Común de Datos, a la vez que haga una propuesta de la plataforma a emplear. Además, indicará la sistemática de denominación de archivos en base a lo expuesto en el PCT.

Softwares y formatos de archivos. En base a lo indicado en el PCT, se realizará una tabla ilustrativa donde se indique por cada Uso BIM el software de aplicación, la versión de cada software, los formatos de archivos nativos y de colaboración/ intercambio y el equipo responsable de realizar cada Uso BIM.

Hardware. Se incluirán las siguientes características de los equipos que usarán cada uno de los perfiles:

- Procesador.
- Sistema Operativo.
- Memoria RAM.
- Tarjeta Gráfica.



A modo de ejemplo, un posible índice de este PEB Pre-Contractual podría ser el siguiente:

1. Sobre el Plan de Ejecución.

- 1.1. Objetivo.
- 1.2. Alcance.
- 1.3. Histórico de Revisiones.
- 1.4. Proceso de Cambios en el Plan de Ejecución BIM.

2. Sobre el Proyecto.

- 2.1. Datos de Identificación.
- 2.2. Objetivos BIM del Cliente.
- 2.3. Requerimientos BIM del Cliente.
 - 2.3.1. Entorno Común de Datos (CDE).
 - 2.3.2. Modelos de Información.
 - 2.3.3. Entregables.
 - 2.3.4. Estructuración de datos.
- 2.4. Usos BIM.
- 2.5. Equipo Técnico.
- 2.6. Documentos de Referencia del Proyecto.

3. Sobre Entregables BIM.

- 3.1. Listado de Entregables.
- 3.2. Niveles de Información Geométrica.
- 3.3. Nivel de Información No Gráfica y Vinculada.

4. Sobre Organización de Modelos.

- 4.1. Principios Generales.
- 4.2. Modelos Interdisciplinarios.
- 4.3. Calidad de los Modelos.
- 4.4. Federación de los Modelos.
 - 4.4.1. Modelo 3D de Geometría.
 - 4.4.2. Modelo de Publicación.
 - 4.4.3. Modelo de Coordinación.
 - 4.4.4. Modelos de Intercambio.

4.5. Estructura de Datos.

4.5.1. Estructura de Datos de Ficheros.

4.5.2. Clasificación de Elementos Constructivos.

5. Estrategia de Mediciones.

5.1. Trazabilidad de la Medición.

6. Sobre Verificación de Entregables BIM.

7. Detección de Interferencias.

8. Recursos Materiales.

8.1. Hardware.

8.2. Software.

9. Gestión de Información.

9.1. Estrategia de Gestión de Datos.

9.2. Estrategia de Entorno Común de Datos (CDE).

9.2.1. Permisos.

9.3. Estrategia de Comunicación.

9.3.1. Estrategia de Colaboración.

9.3.2. Estrategia de Reportes.

9.3.3. Estrategia de Reuniones.

10. Estándares.

10.1. Estándares de la Industria.

10.2. Estándares Propios de la Entidad Licitadora.



RAFAEL PEREA MÍNGUEZ

Diagnóstico Estado Actual BIM
CONSULTOR EN BIMFOR - COMISIÓN BIMCITOP

SERGIO MUÑOZ GÓMEZ

Estandares BIM y Planificación de la Información
CO-FOUNDER & CEO LAURENTIA TECHNOLOGIES



NORENA MARTÍN DORTA

Estrategia BIM. Visión de la Organización
DOCTORA EN INGENIERÍA GRÁFICA, ULL

JORGE TORRICO LIZ

Fases BIM de un Contrato Público
SUBDIRECTOR BIM INECO



MARÍA PILAR JIMÉNEZ ABÓS

Fases BIM de un Contrato Público
BIM MANAGER INECO

ÁLEX GARATE ARRAZOLA

Necesidades y Requisitos BIM en Contratación
INGREEN INNOVATION



MARCOS ROSELLÓ COLOMAR

Pliego de Requisitos BIM en Etapa de Licitación
BIM LEADER F.O.V.

FERRÁN BERMEJO NUALART

Planificación de la Información BIM
DIRECTOR TÉCNICO ITEC



ÓSCAR LIÉBANA CARRASCO

Producción Colaborativa de la Información y CDE
PROJECT COORDINATOR FCC CONSTRUCCIÓN

FERNANDO RODRÍGUEZ MÁRQUEZ

Entrega de Información BIM: Requisitos y Formatos
BIM MANAGER AVESA



ALONSO CANDELARIO GARRIDO

Análisis de Caso Real BEP Precontractual
BIM MANAGER AVESA

FIDEL SAN EMETERIO IRASTORZA

Desarrollo de un BEP Precontractual
DIRECTOR TECNOLOGÍA Y PROCESOS AVESA

