

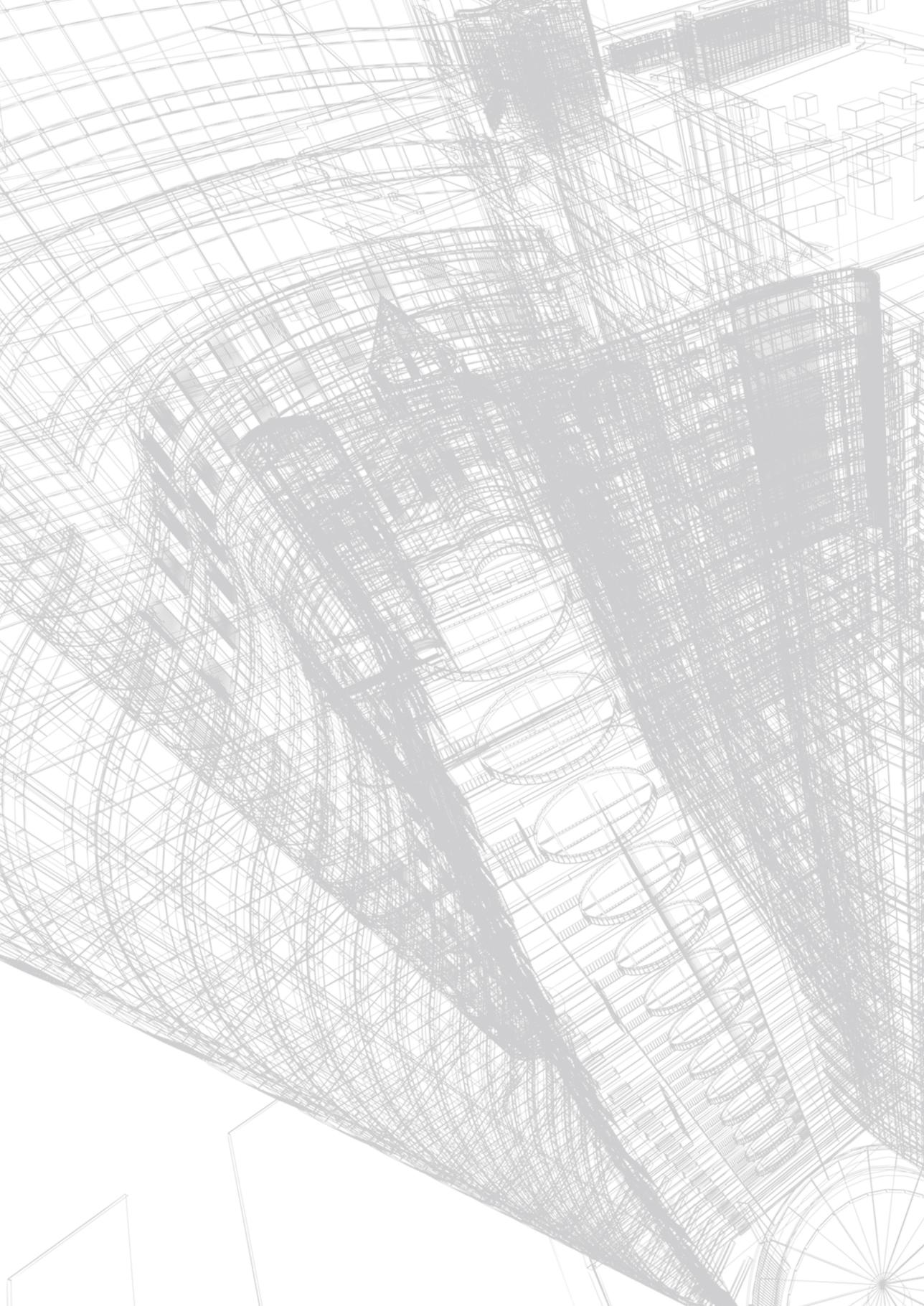


PARA LA  
**ARQUITECTURA  
TÉCNICA**

Guía Técnica BIMAT



CONSEJO GENERAL  
DE LA ARQUITECTURA TÉCNICA  
DE ESPAÑA





## BIM PARA LA ARQUITECTURA TÉCNICA GUÍA TÉCNICA BIMAT

Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, 2020



*“Esta guía docente ha sido subvencionada por el Ministerio de Fomento de acuerdo con el Real Decreto 472/2019 de 2 de agosto de 2019, por el que se regula la concesión directa de subvenciones a diversos colegios profesionales y consejo generales de colegios profesionales para la formación en la metodología BIM durante el ejercicio presupuestario de 2019”*



# EDITA

## Consejo General de la Arquitectura Técnica de España

Juan López-Asiain Martínez, Alejandro Payán de Tejada Alonso,  
José Fernández Castillo, Ángel Cabellud López

## Coordinación

Alberto Cerdán Castillo, Inmaculada Oliver Faubel

## Autores

Iván Alarcón López, Alberto Cerdán Castillo, Begoña Fuentes Giner,  
Manuel García Navas, José Miguel Morea Núñez, Sergio Muñoz Gómez,  
Inmaculada Oliver Faubel, Sergio Vidal Santi-Andreu, José Manuel Zaragoza Angulo

## Colaboradores

Pablo Freiría Lorenzo, Norena Martín Dorta, Rafael Capdevila Becerra

© Consejo General de la Arquitectura Técnica de España

© De los autores

BIM PARA LA ARQUITECTURA TÉCNICA. GUÍA TÉCNICA

Edita: CGATE Consejo General de la Arquitectura Técnica de España

Impresión y Diseño: Ambrona Hermanos, S.L. + Vic/Proyecto gráfico

ISBN: 978-84-09-18999-1

Depósito Legal: M-8005-2020



BIM PARA LA ARQUITECTURA TÉCNICA. GUÍA TÉCNICA BIMAT se distribuye bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

Resumen de la licencia CC-BY-NC-ND 4.0: La obra se puede compartir, copiar y redistribuir en cualquier medio o formato bajo los siguientes términos: Se debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante (BY Reconocimiento). No se puede hacer uso del material con propósitos comerciales (NC NoComercial). Si se remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado (ND SinObraDerivada).

® Todos los nombres comerciales y marcas registradas que aparecen en esta Guía son propiedad de las empresas a las que representan.

A lo largo de todo este documento se utilizará el género gramatical masculino para referirse al colectivo mixto de profesionales de la Arquitectura Técnica, como aplicación de la ley lingüística de la economía expresiva. Tan solo cuando la oposición de sexos sea un factor relevante en el contexto se explicitarán ambos géneros.

---



# RESUMEN EJECUTIVO

En 1975, el profesor Charles Eastman lanzó la primera idea de lo que será años más tarde conocido como la metodología BIM para gestionar la información de los proyectos de construcción, aunque entonces no le aplicó este nombre.

La idea consiste en describir las construcciones mediante la definición de los elementos interactivos que la componen, dentro de una base de datos digital, derivando toda la documentación de construcción necesaria para definirlos (secciones, plantas, perspectivas, de la propia descripción de los elementos. La finalidad principal de esta propuesta es conseguir que cualquier cambio introducido en una de esas partes será reflejado en toda la documentación, consiguiendo la consistencia de todas esas representaciones.

Esta base de datos única e integrada podría entonces usarse para el análisis visual y cuantitativo de estas construcciones.

No ha sido posible, hasta años más tarde, cuando la tecnología digital que da soporte a esta metodología se ha desarrollado, la puesta en práctica generalizada de esta idea, añadiendo a los primeros usos definidos, el de poder hacer simulaciones sobre estos datos, con otro tipo de aplicaciones informáticas.

Aunque el uso de la metodología BIM empezó a generalizarse en algunos países

antes de esta fecha, no es hasta el año 2014 cuando recibe un gran impulso como consecuencia de La Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre contratación pública y por la que la Unión Europea insta a sus Estados miembros a considerar el uso de la tecnología para modernizar y mejorar los procesos de contratación pública, dando una mayor importancia a la inversión a realizar a lo largo de todo el ciclo de vida de una obra o activo.

A nivel local, en 2015, siguiendo las directrices de la publicación anteriormente citada, el Ministerio de Fomento creó la Comisión es.BIM, para impulsar la definición y adopción de la Metodología en España. Funciones que en diciembre de 2018 fueron traspasadas a una nueva Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública, según Real Decreto 1515/2018 de 28 de diciembre.

Este Ministerio, dando continuidad a los convenios establecidos en 2018 con los Colegios Profesionales de Arquitectos y de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, el 2 de agosto de 2019, mediante el Real Decreto 472/2019, reguló la concesión directa de subvenciones a diversos colegios profesionales y consejos generales de colegios profesionales para la formación en la metodología BIM durante el ejercicio presupuestario 2019.

Éste es el origen de que el Consejo General de Colegios Oficiales de Aparejadores y Arquitectos Técnicos (CGATE) decidiera optar a conseguir esta subvención, proponiendo una serie de acciones para conseguir los objetivos de la misma, entre las que se encuentra la redacción de esta Guía BIM para la AT.

El Real decreto propone la realización de actividades formativas de calidad entre los profesionales y colegiados, orientadas a conseguir la formación de los mismos en la utilización de la metodología BIM en el marco de las licitaciones públicas, con la finalidad de que los destinatarios adquieran los conocimientos suficientes y prácticos que les permitan concurrir a las licitaciones públicas que convoquen las administraciones públicas y, particularmente, la Administración General del Estado.

Estas acciones tendrán en consideración la mayor implantación territorial posible, llegando donde existan más dificultades de acceso a esta formación y a aquellos que tengan mayor relación con el sector público, siempre sin olvidar la perspectiva de género en la selección de los participantes.

En respuesta a esta propuesta, y teniendo en cuenta las consideraciones previas establecidas, el CGATE propuso y obtuvo la subvención para:

La redacción de una Guía Técnica BIM orientada fundamentalmente al colectivo que representa.

La impartición de cursos on line sobre temas conceptuales de la metodología, temas específicos para licitaciones y temas de desarrollo de la actividad profesional del Arquitecto Técnico.

La realización de talleres prácticos, demostrativos de las posibilidades de la aplicación de la metodología, mediante el uso de diversas herramientas, dentro de esta actividad profesional.

La organización de charlas presenciales, sobre todos estos temas desarrollados por los Arquitectos Técnicos, a realizar en los Colegios Profesionales que el Consejo representa.

Se ha tratado de diseñar un proyecto integrado que maximice el aprovechamiento de estos fondos, eligiendo a un grupo de profesionales de reconocida experiencia en esta materia, con conocimientos contrastados de su profesión, donde la guía pueda servir de texto base para estos cursos, los cursos de fundamento para entender lo desarrollado en los talleres y el conjunto, como hilo conductor de los expuesto en las charlas presenciales.

Esta guía se ha dividido en capítulos, comenzando por lo más básico, para aquellos que todavía no conocen la metodología, tratando de forma independiente el aspecto legal y todo aquello relacionado con las licitaciones (motivo principal de la subvención),

y describiendo en capítulos independientes como la adopción de la metodología BIM puede afectar al profesional de la arquitectura técnica, en varias de las temáticas que desempeña habitualmente, qué requisitos podrían encontrar si se enfrentan a la construcción de una obra gestionada mediante la metodología BIM y cómo deberían satisfacer esos requisitos.

Por consiguiente, Se ha tratado de redactar la guía de forma que cada capítulo pueda ser leído de forma independiente, obviando el primero si ya se tienen conocimientos de la metodología, acudiendo directamente al segundo si lo que interesa al lector son los aspectos legales y las cuestiones que se le puedan plantear sobre las licitaciones, o eligiendo de los restantes solo aquellos que tratan sobre temas que son de su interés. Esta estrategia tendrá como consecuencia la aparición de la repetición de ciertos contenidos, que esperamos que el lector de la guía completa sepa perdonar.

También se ha procurado mantener la identidad personal que cada autor ha querido transmitir en su capítulo, alineando sobre todo los capítulos temáticos de la Arquitectura Técnica en cuanto a estructura, pero permitiendo y animando a que su desarrollo sea personalizado.

Somos conscientes de que se han quedado fuera de ella muchos temas en los que ha-

bitualmente participan los profesionales de la Arquitectura Técnica, pero el tiempo y los recursos eran limitados. Si se repitiese la subvención y funcionase el proyecto diseñado para el aprovechamiento de esta, estaríamos encantados de seguir desarrollando esta guía, mediante las actualizaciones que fuesen necesarias y la inclusión de esas temáticas que no se han podido desarrollar en esta primera edición.

Esperamos que este texto sea de su agrado y, sobre todo, de utilidad, a todo el colectivo.

Los coordinadores de la Guía



# INTERIORES

<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 1. PARTE GENERAL .....</b>	<b>12</b>
1. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA BIM .....	13
1.1. Introducción a la metodología BIM .....	13
2. CONCEPTOS BIM .....	21
2.1. Fases de un proyecto .....	22
2.2. Niveles de desarrollo .....	27
2.3. Usos BIM .....	33
2.4. Roles BIM .....	39
3. DOCUMENTOS BIM .....	47
3.1. Plan de Implementación BIM .....	48
3.2. Plan de Ejecución BIM .....	50
3.3. Tecnología BIM .....	53
<b>CAPÍTULO 2. LICITACIONES CON BIM .....</b>	<b>58</b>
1. MARCO LEGAL Y NORMATIVO .....	59
1.1. Legislación vigente en España relacionada con BIM .....	59
1.2. Normas y estándares BIM .....	61
2. IMPLEMENTACIÓN BIM EN LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS DE ESPAÑA .....	66
2.1. Recomendaciones para implementar BIM en las AAPP .....	66
2.2. Casos de implementación BIM en AAPP en España .....	69
3. ANÁLISIS DE LAS LICITACIONES PÚBLICAS BIM EN ESPAÑA .....	73
3.1. Análisis general cuantitativo .....	73
3.2. Análisis cualitativo y nivel de madurez .....	77
4. CONCLUSIONES .....	79
<b>CAPÍTULO 3. DIRECCIÓN DE EJECUCIÓN DE OBRA .....</b>	<b>80</b>
1. LA ARQUITECTURA TÉCNICA EN LA DIRECCIÓN DE EJECUCIÓN DE OBRA .....	81
1.1. Normativa en vigor .....	81
1.2. Estudio previo del proyecto .....	81
1.3. Replanteos .....	81
1.4. Interpretar el proyecto .....	82

1.5. Modificaciones de proyecto .....	82
1.6. Libro de órdenes.....	83
1.7. Ensayos y pruebas .....	83
1.8. Comprobación de la ejecución de obras .....	84
1.9. Certificaciones y liquidaciones .....	84
1.10.Documentación final de obra .....	84
<b>2. DIRECCIÓN DE EJECUCIÓN DE OBRA CON METODOLOGÍA BIM .....</b>	<b>85</b>
2.1. Entendiendo la transformación digital BIM y la necesidad de adaptarla a la dirección de ejecución de obras .....	85
<b>3. NECESIDADES DE INFORMACIÓN EN LAS LICITACIONES .....</b>	<b>96</b>
3.1. ¿Es obligatorio el uso del BIM asociado a la DEO en licitaciones públicas? .....	96
3.2. La necesidad de un proceso de adaptación previa .....	96
3.3. La ventaja competitiva e I+D+i .....	97
3.4. Aporte BIM en la DEO como mejoras a la licitación .....	97
<b>CAPÍTULO 4. REDACCIÓN Y CONTROL DE MEDICIONES Y PRESUPUESTOS .....</b>	<b>98</b>
<b>1. LA ARQUITECTURA TÉCNICA Y LAS MEDICIONES Y PRESUPUESTOS .....</b>	<b>99</b>
1.1. En la redacción de proyectos o informes .....	99
1.2. Dirección de Obra .....	101
1.3. En la empresa constructora .....	101
1.4. En la Administración Pública .....	102
1.5. En la Docencia.....	102
<b>2. MEDICIONES Y PRESUPUESTOS CON METODOLOGÍA BIM.....</b>	<b>102</b>
2.1. En la redacción de proyectos o informes .....	108
2.2. Dirección de obra .....	110
2.3. En la empresa constructora .....	111
2.4. En la administración pública.....	112
2.5. En la docencia .....	112
<b>3. NECESIDADES DE INFORMACIÓN EN LAS LICITACIONES .....</b>	<b>112</b>
3.1. Análisis de distintas licitaciones actuales .....	112
<b>4. RESPUESTA A LAS NECESIDADES DE INFORMACIÓN CON METODOLOGÍA BIM .....</b>	<b>117</b>
4.1. Definición de los conjuntos de parámetros .....	119



# INTERIORES

4.2. Análisis de capítulos y partidas. Importes .....	119
4.3. Análisis de capítulos y partidas. Ejecución - Certificación .....	119
4.4. Trazabilidad mediciones. Presupuesto según BEP .....	119
<b>CAPÍTULO 5. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA SEGURIDAD Y SALUD .....</b>	<b>122</b>
1. LA ARQUITECTURA TÉCNICA Y LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA SEGURIDAD Y SALUD .....	123
1.1. La Arquitectura Técnica en la Seguridad y Salud .....	123
1.2. Fases de proyecto y funciones principales del Arquitecto Técnico en cada una de ellas.....	124
2. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA SEGURIDAD Y SALUD CON METODOLOGÍA BIM ...	126
2.1. Afecciones comunes asociadas al empleo de la metodología BIM .....	126
2.2. Afecciones específicas relativas a la seguridad y salud con metodología BIM .....	127
3. NECESIDADES DE INFORMACIÓN EN LAS LICITACIONES .....	153
3.1. Requerimientos BIM en materia de Seguridad y Salud en la actualidad .....	153
3.2. Requerimientos BIM exigibles en materia de Seguridad y Salud .....	154
4. RESPUESTA A LAS NECESIDADES DE INFORMACIÓN CON METODOLOGÍA BIM .....	157
4.1. Respuesta a los requisitos de información de la organización .....	157
4.2. Respuesta a los requisitos de información del proyecto .....	157
4.3. Requisitos de intercambio de información .....	162
4.4. Conclusiones .....	166
<b>CAPÍTULO 6. PROGRAMACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD .....</b>	<b>168</b>
1. LA ARQUITECTURA TÉCNICA Y EL CONTROL DE CALIDAD .....	170
1.1. Como proyectista .....	170
1.2. Como dirección de ejecución de obra .....	170
1.3. Jefe de obra .....	171
1.4. Como agente independiente de Control de Calidad (OCT, Oficinas de control, etc.) .....	171
1.5. Como técnico de empresa suministradora de materiales y equipos en la construcción .....	172
2. CONTROL DE CALIDAD CON METODOLOGÍA BIM .....	172
2.1. El modelo como repositorio único de información .....	172
2.2. Los softwares y formatos para trabajar con modelos BIM y el formato IFC como estándar abierto y común en los procesos BIM .....	175

2.3. Los procesos y metodología BIM: LOD, BEP, EIR, etc., para entender los requerimientos en dichos procesos .....	176
2.4. Las herramientas de creación de modelos y de objetos BIM.....	179
<b>3. NECESIDADES DE INFORMACIÓN EN LAS LICITACIONES .....</b>	<b>181</b>
3.1. Qué se está solicitando en BIM respecto del control de calidad .....	181
3.2. Detección de conflictos (clash detection) .....	182
3.3. BEP y control de calidad .....	183
3.4. LOD: geometría, información y fichas.....	185
3.5. Entornos de datos comunes.....	186
3.6. Formato IFC.....	187
<b>4. RESPUESTA A LAS NECESIDADES DE INFORMACIÓN CON METODOLOGÍA BIM .....</b>	<b>187</b>
4.1. Modelado de geometría .....	188
4.2. Modelado de información.....	189
4.3. Inclusión de fichas .....	190
4.4. Creación de objetos o familias BIM.....	190
4.5. Detección de conflictos (Clash Detection).....	191
4.6. Entorno de datos común CDE (common data enviroment) .....	191
<b>CAPÍTULO 7. PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>196</b>
<b>1. LA ARQUITECTURA TÉCNICA Y LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y SU CONTROL...</b>	<b>199</b>
1.1. Servicios Profesionales .....	199
1.2. Herramientas para la planificación, programación y control de plazos de un proyecto de construcción .....	208
1.3. Documentos entregables de la planificación y programación de un proyecto .....	209
<b>2. LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y SU CONTROL CON METODOLOGÍA BIM .....</b>	<b>210</b>
2.1. BIM 4D: Concepto y características .....	210
<b>3. NECESIDADES DE INFORMACIÓN EN LAS LICITACIONES .....</b>	<b>219</b>
3.1. Requerimientos de información habituales .....	219
3.2. Requerimientos de información recomendados .....	220
<b>4. RESPUESTA A LAS NECESIDADES DE INFORMACIÓN CON METODOLOGÍA BIM .....</b>	<b>221</b>



# INTERIORES

4.1. Búsqueda o generación de contenidos BIM útiles para la simulación y visualización de la programación de obra .....	224
4.2. Flujos de trabajo. Interdisciplinaridad y colaboración. Requisitos y dependencias .....	225
4.3. Elaboración de los entregables. Formatos .....	226
4.4. Control de la ejecución. Requisitos, medios y gestión de la información .....	226
<b>CAPÍTULO 8. GENERACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA .....</b>	<b>228</b>
1. LA ARQUITECTURA TÉCNICA Y LA DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA .....	230
1.1. Como proyectista en proyectos .....	230
1.2. Como dirección de ejecución de obra durante la obra de construcción .....	231
1.3. El director de ejecución de obra como centralizador de la obtención de la información de la obra y custodio y recopilador de esta .....	232
2. GENERACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA CON METODOLOGÍA BIM ...	232
2.1. Softwares para el manejo, edición, extracción de información de los modelos BIM y sus enlaces a otros repositorios .....	232
2.2. Soluciones BIM para el acceso a la información contenida y enlazada en los modelos .....	233
2.3. El modelo como repositorio y puerta de enlace a información almacenada .....	233
2.4. Los formatos de ficheros de modeladores BIM y en especial el IFC como estándar abierto y común en los procesos BIM.....	234
2.5. Los procesos y metodología BIM: LOD, BEP, EIR, CDE, etc., para entender los requerimientos en dichos procesos .....	235
3. NECESIDADES DE INFORMACIÓN EN LAS LICITACIONES .....	235
3.1. Información mínima contenida en los modelos. ....	236
4. RESPUESTA A LAS NECESIDADES DE INFORMACIÓN CON METODOLOGÍA BIM .....	237
4.1. Información que debe contener el modelo BIM de cara a la documentación mínima a aportar por el director de ejecución de obra .....	237
4.2. Tipos de datos dentro del modelo .....	237
4.3. Como dirección de ejecución de obra (DEO) .....	241
4.4. Conclusiones .....	243





# CAPÍTULO 1

## PARTE GENERAL

Alberto Cerdán Castillo.  
Inmaculada Oliver Faubel

## 1. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA BIM

### 1.1 Introducción a la metodología BIM

Para definir BIM vamos a desglosar-traducir-interpretar las tres letras que lo componen.

La “**B**” de BIM viene de “**Building**”, que siempre se ha traducido por “**Edificación**”. Sin embargo, esto puede llevar a una cierta confusión ya que esta no sólo se aplica a los edificios, sino que se puede extender, y de hecho ya se hace, a cualquier tipo de “**Construcción**”. Esto, además de que coincide con la segunda traducción que encontramos en los diccionarios de inglés-español, amplía el ámbito de aplicación de la metodología convirtiéndola en algo más genérico.

Por su parte, la “**I**” de BIM viene de “**Information**” que se traduce directamente por “**Información**”. Lo que no es tan directo, a pesar de ser la parte más importante del acrónimo, es su alcance. Y más si no se ha hablado todavía de la última letra.

La “**M**” de BIM ha respondido tradicionalmente a Model, a Modeler, o a Modeling. Incluso para algunos autores a Management. La utilización de cada uno de estos términos y sus posibles traducciones puede dar lugar a distintas versiones del término que nos ocupa. Veámoslo.

Si la entendemos como “**Model**”, traducido por “**Modelo**”, nos llevaría a la traducción menos ambiciosa de la expresión, esto es, “Modelo de Información de la Construcción”. Y con ello BIM quedaría reducido al producto, maqueta virtual o electrónica. Además, esta traducción abre claramente el debate, - debate de un nivel demasiado elevado por el momento-, de si dicho modelo debe ser único o la construcción puede ser gestionada con tantos modelos como sean necesarios. No parece la traducción más clarificadora.

Hablar de “**Modeler**”, que se traduciría como “**Modelador**”, sería como reconocer en el acrónimo BIM la equivalencia entre el término y una aplicación informática para la gestión de información. En este caso se podría afirmar que hay tantos BIMs como programas en el mercado, y esto, claramente no se ajusta a la realidad. Estamos hablando de algo más amplio, de una metodología de trabajo.

La opción de considerar que la M responde al concepto “**Management**” por todos entendido como “**Gestión**”, es algo que se ve con bastante frecuencia, y tiene sentido en cierta manera si se entiende como gestionar la información de la construcción. Pero esto hace que la definición de BIM gire demasiado hacia la del Project Management, lo cual no es exacto: el Project Manager hace mucho más que gestionar la información de la construcción; su perfil es mucho más completo; y, si

no tiene competencias BIM, su complemento ideal en un proyecto gestionado en BIM será el BIM Manager.

Por último, aceptar que la M corresponde al término **“Modeling”** es complicado porque también es complicada su interpretación. La traducción directa de ese término es **“Modelado”**, entendido como la acción y efecto de modelar, y admitiendo que modelar es **“Configurar”** o conformar algo no material. Sin embargo, esto nos podría hacer caer en el error de interpretar lo que se modela es la construcción y de reducir el BIM a un mero proceso de diseño volumétrico de la misma.

Se hace más sencilla la interpretación del término Modeling sí, tras pasar de Modelado a Configurar, pasamos de Configurar a **“Estructurar”**. Y más si lo unimos a la segunda de las letras, la I de Información que dejamos sin terminar de analizar. Estaríamos hablando de Modeling como la estructuración de la Información de la Construcción.

Si dicha información quedase reducida a los aspectos visuales de la construcción, y se almacenase exclusivamente información de las características geométricas y de apariencia de los elementos constructivos que la forman, se estarían recortando mucho las ambiciones de la metodología BIM, y se le estaría confundiendo con el uso de maquetas electrónicas, cosa que ya se hace sin hacer BIM.

Aún si, de cada uno de los elementos constructivos de los que se guardase información en el modelo, se tuvieran en cuenta tantas propiedades como fuese interesante clasificar y definir para obtener un modelo más útil, no estaríamos ajustándonos a la aspiración última de la metodología. Simplemente habríamos conseguido un modelo tridimensional con atributos.

Ahora bien, cuando la información modelada, esto es, estructurada, sea la relativa a las relaciones entre las partes de un edificio y de las mismas con respecto al conjunto, estas reglas establecidas o creadas por el diseñador, pueden constituir un valor tan importante como la información sobre las mismas partes. En un proceso de modelado de la información de la construcción deberíamos intentar definir este conjunto de relaciones de forma que nos permita analizar en qué afecta a las demás partes la variación de cualquier propiedad de cada una de ellas.

Ese es el verdadero valor de la metodología y lo que nos lleva a poder dar, ahora sí, ya, una definición de ésta:

BIM, Building Information Modeling, Modelado de la Información de la Construcción o **Estructuración de la Información de la Construcción** es una metodología de trabajo que consiste en la **creación, gestión y almacenamiento de información**, de forma **estructurada** sobre:

1. todas las **propiedades** o características, no solo de las propiedades geométricas o visuales, de cada una de las partes de una construcción,
2. las **relaciones** entre dichas **partes**,
3. las **relaciones** de cada una de las **partes** con el **conjunto**, con el edificio o la construcción,
4. las propiedades del propio edificio o construcción como suma de las partes, sus **espacios** creados, y
5. las propiedades del edificio o de la construcción como **entidad** en sí misma, elemento único dentro de una determinada ubicación, orientación y entorno.

Esperamos con esto haber contribuido a aclarar la definición de BIM, para la que, como dice Randy Deutch en su libro **“BIM and In-**

egrated Design" hay casi tantas definiciones como usuarios.

Ahora bien, cuando cualquiera se inicia en el conocimiento de algo nuevo, no le va a bastar con una definición más o menos detallada, más o menos acertada. Y con algo tan complejo, amplio y ambicioso como es la metodología BIM esto se hace más obvio.

Cualquiera de nosotros, con perfil de Arquitecto Técnico, con plenas competencias y formación para la gestión de proyectos de construcción, que se acerque a BIM por primera vez, y tras haber visto **QUÉ** es BIM, es seguro que se hará preguntas del tipo:

- **¿QUIÉN** puede hacer BIM? ¿Cómo encajo yo como Arquitecto Técnico? ¿Necesito formación? ¿Cómo quedan mis atribuciones profesionales reguladas por ley?
- **¿CUÁNDO** se puede hacer BIM? ¿En qué momento de mi participación en el proceso edificatorio? ¿Se puede hacer BIM en todas mis atribuciones profesionales como Arquitecto Técnico?
- **¿CÓMO** se hace BIM? ¿Hay normativa al respecto? ¿Qué modificaciones de infraestructura he de llevar a cabo en mi despacho/empresa/organización para hacer BIM? ¿Quién puede orientarme? ¿Lo puedo hacer solo?
- **¿PARA QUÉ** se hace BIM? ¿Qué utilidad tiene? ¿Cuál es su alcance? ¿Es siempre el mismo?
- **¿POR QUÉ** he de hacer BIM? ¿Qué ventajas tiene para mí? ¿Qué beneficios va a aportar a mi trabajo como Arquitecto Técnico? ¿Qué riesgos deberé asumir? ¿Con qué dificultades me voy a encontrar?

Empecemos por ampliar un poco la definición. Para ello la vamos a completar con una breve visión de las características de la metodología.

Posteriormente intentaremos responder a las preguntas anteriores:

- en este Capítulo 1 de forma genérica, es decir, para cualquier técnico, para cualquier perfil AEC (arquitectura, ingeniería, construcción);
- y de forma particularizada para nuestras atribuciones como Arquitectos Técnicos (en adelante ATs), a partir del capítulo 3 de esta guía.

### 1.1.1. Características de la metodología

#### Contenedor único

Lo que caracteriza a esta metodología, al mismo tiempo que la diferencia del método de trabajo tradicional, es la forma de tratar la información, centralizándola toda en un contenedor único, que ha de servir como fuente exclusiva de datos, para cualquier gestión que se desee realizar durante el desarrollo de la información del proyecto. Toda nueva información sobre el proyecto, producida como consecuencia de esta gestión, obligatoriamente ha de volver a este contenedor.

Los cambios empiezan desde el momento en que se cambia la circulación o flujo de información con respecto al de la metodología tradicional, que normalmente es circular, pasando de unos agentes a otros, generalmente en un solo sentido y que, con frecuencia, no circula fácilmente en el sentido contrario.

Este defecto de la construcción está basado en el método de trabajo tradicional, que hace que cada uno de los agentes que interviene durante el proceso constructivo solucione su parte y pase la información al siguiente agente, quien se encarga de seguir desarrollándola, muchas veces sin la participación del agente anterior y no comunicando todas las modificaciones o los resultados de su gestión a éste agente previo, lo que hace que la do-

cumentación producida anteriormente vaya quedando obsoleta y desactualizada.

Como cambio, se propone que los agentes vayan aportando a este contenedor toda la información que van generando, sirviendo, a su vez, este contenedor, como elemento de comunicación entre todos los agentes, posibilitando así su colaboración y coordinación.

No se trata de que todos los agentes tengan acceso y posibilidades de cambio o aportación de información no controlados, al contrario, como se expondrá más adelante al hablar de los roles, cada agente será responsable de aportar la información que se ha comprometido a aportar a ese contenedor y solo podrá modificar aquella que queda bajo su responsabilidad. Lo que sí debe es tener acceso a toda la información que sea relevante para él, como punto de partida, para gestionar la creación de la información que deberá aportar.

El adjetivo "único" puede dar lugar a confusión, a aquellos que lo entiendan como una única base de datos, como un solo directorio o incluso como un solo archivo. Nada más lejos de la realidad, este calificativo resalta que, para cada unidad de información sobre el proyecto, solo debería existir un único lugar de almacenamiento, evitando así la descoordinación entre lugares en paralelo para la misma unidad de información, que pudieran contener valores diferentes o contradictorios. Si por cualquier motivo fuese necesaria la existencia en paralelo de estos lugares, se debería buscar un mecanismo que constantemente estuviese comprobando la equivalencia de estos valores.

### Parametrización

Otro cambio significativo en cuanto al sistema de almacenamiento de la información

producida durante el desarrollo del proyecto no solo consiste en que este se hará siempre de forma digital, pues esto ya quedo superado cuando tanto dibujos, como listados o textos se comenzaron a almacenar en archivos digitales.

La variación consiste el almacenar, en forma de parámetros o variables, todas las unidades de información bien sean de cada una de las partes de la construcción, de los recintos que se crean en interior, o del edificio entendido como una entidad única, así como en forma de relaciones matemáticas o lógicas, todas las relaciones que se produzcan entre las piezas o partes del modelo o entre cada una de ellas y el conjunto del edificio.

Por ejemplo, estas bases de datos no deberían almacenar conceptos como cantidades de elementos o superficies de recintos, pero sí que deberían ser capaces de contarlos, cada vez que se necesite ese recuento, con el criterio adecuado, o de calcular esas superficies, del modo requerido.

### Visualización Vs Representación

Quizás este sea el cambio que sirve más fácilmente para entender las diferencias entre la metodología de trabajo tradicional y el modelado de la información de la construcción.

Dejando aparte el que durante muchos años se han llevado a cabo construcciones mediante la realización previa de maquetas o prototipos a pequeña escala de lo que se quería conseguir, y centrándonos en que la mayor parte de la producción de construcciones recientes se ha basado en su definición mediante representaciones en forma de dibujos (planos), o listados y documentos de texto (mediciones, memorias etc.), cabe destacar que la propuesta es construir de forma anticipada una maqueta o prototipo digital que

defina fielmente la construcción a conseguir y de esta maqueta, derivar toda la documentación que sea necesaria mediante visualizaciones o consultas al estado de esa base de datos digital.

El principal problema que presenta la metodología tradicional de crear previamente todas esas representaciones, necesarias para definir la construcción a realizar, es que normalmente se hace con representaciones individuales desconectadas entre sí. De tal forma que los cambios introducidos en cualquiera de esos documentos no se transmiten de forma total y automatizada al resto de documentos del proyecto, apareciendo las descoordinaciones.

Incluso en el caso de utilizar aplicaciones informáticas que son capaces de calcular y gestionar unas representaciones en función de otras preestablecidas, es difícil resolver la bidireccionalidad de esos cambios. Por ejemplo, existen aplicaciones capaces de calcular dibujos (secciones) en función de la definición de otros dibujos (representaciones en plantas). Incluso de actualizar esas secciones, si se producen cambios en las plantas, pero no son capaces de gestionar con total eficiencia el trasvase de la información modificada en esas secciones a las plantas.

Al obtener todas las representaciones necesarias para llevar a cabo la construcción (situación imprescindible hoy en día, mientras que así se gestionen las licencias, visados, contratos, pólizas de seguros, etc.) y no poder realizarla usando exclusivamente modelos, al menos se consigue que estas estén siempre actualizadas, ya que, en realidad, más que representaciones estáticas desconectadas, son visualizaciones del estado de la base de datos en un determinado momento del tiempo.

Para poder mantener esta afirmación los cambios se han de realizar siempre en la base de datos, aunque se haga a través de estas visualizaciones, que sirven para generar la documentación de construcción.

#### Otros aspectos relevantes de la metodología

A continuación, vamos a realizar un breve repaso a otros conceptos íntimamente ligados a las características de la metodología BIM que no son tan relevantes como los anteriormente listados y definidos, pero que también tienen importancia a la hora de adoptar el uso de la misma.

#### Interoperatividad

Se define la interoperatividad como la capacidad de los programas de ordenador para intercambiar información y utilizar mutuamente la información así intercambiada. Este término, aunque no es del todo correcto y no está reconocido oficialmente por la RAE, lo vamos a encontrar muchas veces citado como interoperabilidad, como consecuencia de la influencia del término sajón "interoperability".

Ya se ha citado al inicio de esta guía que el origen del BIM nace de la idea de utilizar ordenadores para gestionar la información de las propiedades y relaciones entre las partes que se integran para constituir una construcción. Estas computadoras funcionan bajo un sistema operativo determinado y particular, que hace que diferentes aplicaciones puedan correr sobre ellos, almacenando la información que gestionan en determinados formatos de estructuración. Esto hace que no todos los sistemas operativos, aplicaciones y estructuras de datos sean compatibles entre sí. Durante el desarrollo de los procesos que incluye la metodología BIM se utilizan múltiples herramientas informáticas, que deberían intercambiar información entre ellas, pero

que muchas veces es complicado hacerlo, ya que no existe la interoperatividad total entre las mismas.

Para evitar abandonar el uso de la metodología propuesta, se ha definido anteriormente la necesidad de que el contenedor de información, entendido este como la única fuente origen de los datos necesarios para realizar cualquier gestión sobre los mismos, ha de ser único. Además, también se ha definido la necesidad de devolver los datos, resultado de cualquier gestión, a ese contenedor, donde además otras aplicaciones informáticas tendrán la tarea de comprobar la compatibilidad y coordinación de esta nueva información aportada con la ya existente en dicho contenedor.

Los problemas pueden aparecer cuando se necesita obtener información de esta fuente y la aplicación, con la que queremos gestionar esta información, no entiende el formato de los datos, o no es capaz de devolver los resultados de la gestión de estos al repositorio de almacenamiento.

Existen varias soluciones actualmente para paliar el problema, aunque ninguna permite alcanzar la interoperatividad total entre las aplicaciones. La ideal sería la definición de un lenguaje universal de descripción de propiedades y relaciones entre las partes de una construcción; lo más parecido que existe hoy en día a esto es el lenguaje IFC, del que se hablará posteriormente en esta guía, pero lamentablemente, su nivel de desarrollo y su aceptación total, por parte de los diferentes fabricantes de aplicaciones informáticas, que puedan ser útiles durante el desarrollo de la metodología BIM, no consigue elevar al porcentaje total deseado el nivel de interoperatividad.

Muchas aplicaciones se han certificado para indicar que son capaces de guardar los datos,

además de en su formato nativo, en este formato libre y universal, pero esto no implica que en estos procesos de traducción interna de formatos, no se pierda parte de la información o, en el caso de estar mal configurada esta traducción, se produzcan resultados no deseados.

Otra solución sería la programación de aplicaciones que fuesen capaces de traducir la información que maneja un determinado programa, y no solo a este lenguaje ideal universal, sino también entre aplicaciones, pero tampoco encontramos siempre utilidades que sean capaces de traducir el total de la información.

Para diferentes gestiones, una solución sería el uso de programas que son capaces de aglutinar información procedente de diferentes orígenes, en sus formatos nativos, siendo capaces de resolver la gestión requerida y entregar los resultados también en diferentes estructuras de formato.

Es un clásico leer que la estandarización es imprescindible para usar la metodología BIM, también es una necesidad imperante y que comienza con la estandarización de la forma de almacenamiento de estos datos, preferiblemente en formatos abiertos. Esta es la base de partida del Open BIM.

Se espera y aspira a que, con la evolución de la madurez de la metodología, de las aplicaciones informáticas y de los sistemas de almacenamiento de información, algún día se pueda conseguir esta interoperatividad o "interoperabilidad" total.

### **Etapas de desarrollo del BIM y sus niveles de madurez requeridos.**

Es frecuente oír hablar del "Little" (pequeño) BIM y del "BIG" (gran) BIM (como aparece en

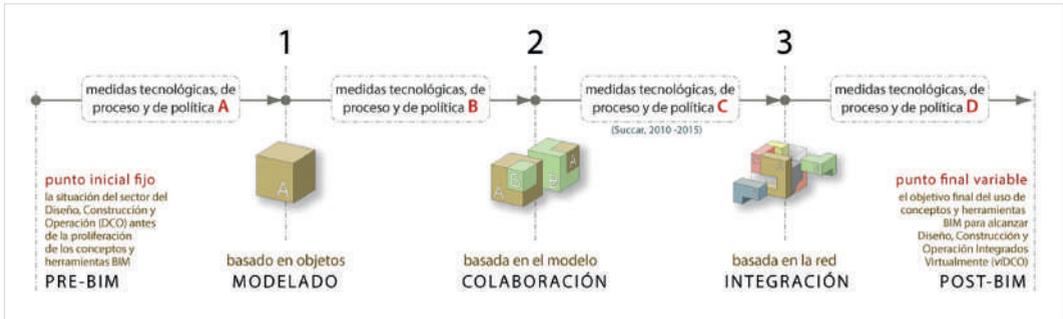


Figura 1. Niveles de madurez. Fuente: <https://changeagents.blogs.com/.a/6a00d8343326e253ef01b7c79068c9970b-pi>

el título del libro de Finith Jernigan), concepto que está íntimamente relacionado con los de Lonely (solitario) BIM frente a Social BIM. Con otro formato más moderno podemos encontrar algo similar caracterizado como BIM 1.0, 2.0, etc.

Incluso en el diagrama de Bew-Richards incluido en la norma PAS 1192-2 británica se habla de varios niveles de desarrollo del BIM, caracterizados en este caso como Level 1, Level 2 (actualmente obligatorio en UK) y Level 3, nivel al que se aspira a llegar algún día con la evolución descrita en el antepenúltimo párrafo.

Además de entender estos términos como niveles de madurez o sistemas de clasificación, es importante entender que llevan implícitos diferentes modos de usar la metodología a nivel colaborativo, así como que son etapas o hitos a superar, antes de enfrentarse al nivel superior ideal al que aspira la metodología.

En el nivel más bajo, "Little" BIM, "lonely" BIM, 1.0 ó Level 1, según las diferentes escalas, se plantea el uso de modelos de forma unipersonal o aislada a nivel de grupo de trabajo para solucionar una determinada parte del proceso constructivo. Evidentemente esto no satisface las aspiraciones de la metodología, en la se recomienda, para obtener el

máximo beneficio, la participación de todos los agentes, de forma coordinada, sobre un único contenedor de información.

Cabría plantearse si este nivel más reducido de BIM es útil, y la respuesta es que no es sólo es útil, sino que también es necesario superarlo para comenzar a trabajar con esta metodología en grupo. (figura 01)

El uso de la metodología BIM aportará sus máximos beneficios cuando se alcance el nivel de integración total, pero mientras ese futuro se pueda alcanzar, nos veremos obligados a seguir en la etapa de colaboración. No sería adecuado intentar a formar parte de los agentes que colaboran sin haber superado la primera etapa de modelado individual basado en objetos a la que estamos haciendo referencia, de ahí su necesidad de superación.

Como se indicará más adelante en esta guía, todo grupo de trabajo que aspire a usar la metodología debería superar un Plan de Implementación de la misma (PIB o BIP si viene de los términos ingleses BIM Implementation Plan).

Hasta el momento en el que no se ha superado este nivel de madurez inicial, no se está en condiciones de usar la metodología, dentro

un conjunto de grupos de trabajo, colaborando interactivamente con dichos grupos, intercambiando información de forma dinámica y federando los modelos para conseguir esa colaboración.

También veremos que es imprescindible establecer las reglas de juego que definen como van a trabajar coordinados esos grupos para conseguir esa colaboración, y que esto se define en lo que se denomina Plan de Ejecución BIM (PEB o BEP si el viene de los términos ingleses BIM Execution Plan).

El nivel de BIM totalmente integrado, 3.0 o Level 3, está ahora mismo en vías de desarrollo y consecución, pero todavía no disponemos de la tecnología y estandarización necesarias para conseguirlo.

### 1.1.2 Agentes que participan en el proceso de construcción

Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (en adelante LOE), en su artículo 8, define a los agentes de la edificación como *“las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. (...)”*. En los artículos posteriores los enumera y describe sus competencias, responsabilidades y obligaciones. Así habla de:

- Promotor
- Proyectista, tanto si lo es del Proyecto de Construcción como del Estudio de Seguridad y Salud
- Constructor, en su papel de contratista, subcontratista y/o trabajador autónomo
- Director de la obra
- Director de ejecución de obra
- Entidades y los laboratorios de control calidad
- Suministradores de producto
- Propietarios y usuarios, entre los que se podrían incluir los gestores de los activos

construidos y las empresas mantenedoras de los edificios y/o instalaciones.

Así mismo y, en cuanto a obligaciones de estos agentes se refiere, dice que *“vendrán determinadas por lo dispuesto en esta Ley y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.”*

Por su parte, el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción (en adelante RDC), en su artículo 2, define a otros dos agentes del proceso edificatorio:

- Coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración de proyecto de construcción (CSSp)
- Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra (CSSo)

Sus obligaciones se especifican en los artículos 8 y 9 del mismo RDC.

A parte de estos agentes, regulados por ley en su figura, requisitos, obligaciones y responsabilidades, podemos encontrar otras figuras que intervienen de una forma u otra en el proceso edificatorio, y cuya participación no está regulada por la legislación propia de la edificación, y son, entre otros posibles, los siguientes:

- Project Manager o Gestor de proyectos
- Compañías aseguradoras
- Administración pública, que puede intervenir como promotora de obra, gestora de activos de titularidad pública, usuaria de los mismos, planificadora de territorio, y legisladora
- Empresas de mantenimiento o de Facility Management
- Gestores de residuos de la construcción y la demolición

- BIM manager, coordinador BIM, modelador BIM, etc.
- Etc.

Todo lo dicho hasta ahora es de sobra conocido por cualquier Arquitecto Técnico (en adelante AT) usuario de esta guía. Sin embargo, vemos conveniente plantear una reflexión con respecto a las responsabilidades que como ATs, asumimos en nuestros encargos de trabajos profesionales como agentes del proceso edificatorio definidos en el art. 8 de la LOE y 2 del RDC:

1. Nuestra participación como agentes LOE en el proceso edificatorio, y por ende, las responsabilidades administrativas, civiles y/o penales que se deriven de esa actividad, son las que marque la propia LOE; y son del todo independientes de la metodología o procedimientos de gestión de proyecto que se haya utilizado.
2. La participación como agente LOE depende en nuestro caso como técnicos de que se esté en posesión de una titulación universitaria concreta y específica para cada atribución definida en la propia LOE o su reglamentación posterior.
3. Dentro de la gestión de un proyecto BIM cada participante asumirá tareas, funciones y responsabilidades que se podrán asimilar a lo que se ha dado en llamar "roles BIM". Ni el nombre de cada rol ni sus funciones o responsabilidades están reguladas por ley.
4. Las responsabilidades que cada rol BIM asume serán las que se deriven exclusivamente del contrato que firme, en cada caso, con el promotor del proyecto BIM.
5. La capacidad de un técnico de desempeñar uno u otro rol BIM dependerá de sus competencias BIM, su formación en BIM, su nivel de madurez, su experiencia en la gestión de proyectos BIM, incluso del tamaño, envergadura y estructura organiza-

tiva de los RRHH del propio proyecto. En ningún caso de una titulación universitaria.

En resumen, la gestión de un proyecto con metodología BIM, discurre, en nuestro país y con la legislación actual, por dos vías paralelas en lo que a personas y responsabilidades se refiere, y que no se deben confundir:

1. La que para cualquier proyecto edificatorio exige la LOE, independientemente de la metodología empleada en su gestión, y hablaremos de "**agentes LOE**".
2. La que se diseñe por contrato para el proyecto por el hecho de gestionarse con metodología BIM, y nos estaremos refiriendo a "**roles BIM**".

Estas dos vías, sin embargo, pueden confluir: como agentes LOE podemos desempeñar nuestro trabajo en BIM y desempeñar alguno de los roles BIM,

## 2. CONCEPTOS BIM

Se ha definido el BIM como la creación, gestión y almacenamiento de información sobre una construcción, de una forma estructurada, dentro de una base de datos relacional. Esta información siempre está relacionada con las partes, piezas o elementos en que dividimos la construcción para entenderla mejor, incluso desde el punto de vista funcional.

Además, se ha establecido que esto se puede realizar en cualquier momento del ciclo de vida de la construcción. Es lógico pensar que, si lo que pretendemos es determinar la cantidad de información que necesitamos gestionar, sobre cada una de estas piezas, primero se debe determinar el número de piezas en las que tenemos que dividir la construcción. Para determinar el número de piezas a tener en cuenta, primero deberemos establecer el momento del tiempo, dentro del ciclo de vida de la construcción, en la que nos encontra-

mos, por lo que es conveniente estudiar, en primer lugar, las fases o momentos del tiempo en que se puede dividir un proyecto de construcción.

Es lógico pensar que el tamaño de estas partes irá decreciendo conforme avance el momento del ciclo de vida de la construcción, al mismo tiempo que aumentará considerablemente el número de ellas.

De igual forma, es razonable intuir que la cantidad de información necesaria para definir cada una de esas partes irá aumentando conforme avanza el desarrollo del proyecto. Con la idea de estandarizar la cantidad de información necesaria, en cada uno de esos momentos del tiempo, surgió el concepto de Nivel de Desarrollo, que también se analizará dentro de este apartado.

La evolución del proyecto (Fases), que tiene como consecuencia la descomposición de la construcción en partes cada vez más numerosas y la cantidad de información desarrollada (LODs), necesaria en cada uno de esos momentos del tiempo, no terminan de definir exactamente las cualidades de esa información precisa, ya que falta otro factor importante, para qué voy a usar ese modelo. Es por lo que también resulta imprescindible establecer de antemano los usos que se esperan llevar a cabo con la información contenida en el mismo y por lo que se van a estudiar dentro de este apartado.

Por último, también se hace imprescindible determinar quién se hace responsable de aportar la información requerida, al nivel de desarrollo adecuado, suficiente para llevar a cabo los usos previstos y el momento del tiempo adecuado, por lo que también estudiaremos la definición de Roles o responsabilidades dentro de la metodología BIM.

### 2.1. Fases de un proyecto

Para abordar la cuestión sobre CUÁNDO se puede hacer BIM, hemos de empezar hablando de dos conceptos que todos tenemos asumidos cuando hablamos del proceso del diseño, construcción y disfrute del objeto de nuestro trabajo. Nos referimos al CICLO DE VIDA DEL EDIFICIO y a las distintas FASES que lo componen.

El ciclo de vida (en adelante CV) de un edificio abarca distintas tareas a lo largo del tiempo; cada tarea requiere la participación y/o implicación de personas y/o empresas diferentes con preparación específica para abordarlas; esas tareas se llevan a cabo en distintos periodos de tiempo dependiendo cada una de las anteriores y sirviendo de base para las que vendrán. Resulta así, que para afrontar algo tan complejo como el CV de edificio, este, históricamente, se ha venido dividiendo en fases.

Estas fases, ligadas al concepto tiempo y respondiendo a una organización temporal de aquellas tareas, tienen como característica principal la secuencialidad, y basan su utilidad en dos aspectos fundamentales:

- La organización en el tiempo propiamente dicha, cuyo objetivo es la división del trabajo, su planificación y el establecimiento de controles sobre el avance de las tareas.
- La delimitación del alcance de las tareas y de las responsabilidades de cada agente que intervienen en esas tareas. Esto posibilita el establecimiento de responsabilidades contractuales y la tarificación los trabajos realizados.

Es este segundo aspecto, el alcance de las responsabilidades, el que permite de una forma más clara la delimitación de las fases de un proyecto de construcción a lo largo de su ciclo de vida completo.

- El usuario de la Guía debe tener presente que, cuando se hable de las fases del proyecto, debe entender que, en realidad, se refiere a las fases dentro del ciclo de vida del edificio, donde el proyecto representa solo una parte de este.

Con el fin de comparar la manera en la que los distintos países y organizaciones habían abordado, a lo largo de la historia, este aspecto de la división en fases del ciclo de vida de un edificio se realizó en su momento una recopilación, estudio y análisis de documentos, normas y regulaciones que tratasen la cuestión. En su mayoría se trató de documentos relacionados con el desempeño del ejercicio profesional de aquellas titulaciones o perfiles profesionales más ligados al desarrollo de proyectos de edificación. Posteriormente se llevó a cabo un análisis comparativo entre todos ellos que permitió detectar aspectos comunes y singularidades.

No creemos que en los contenidos de esta Guía quepa desarrollar de forma pormenorizada el estudio de documentos al que se ha aludido en el párrafo anterior. Tampoco el desarrollo de la comparativa y de los resultados detallados de la misma. De manera que nos centraremos en cuatro de las conclusiones inmediatas y más generales:

- La construcción, como era de esperar, no difiere mucho entre distintas partes del mundo.
- La forma en cómo se divide en fases un proyecto no es igual en todos los lugares; depende de aspectos jurídicos y competenciales propios de cada país.
- A pesar de todo ello, se identifican claramente cuatro grandes grupos que se repiten en todas las clasificaciones estudiadas; aunque, por otra parte, pueden mostrar diferentes nomenclaturas y definiciones.
  1. Preparación
  2. Diseño

### 3. Construcción

### 4. Explotación

- De estos cuatro grupos, el primero y último, no aparecen en algunos de los documentos analizados. Esto se debe a que algunos de los documentos analizados han sido desarrollados desde el punto de vista de un agente concreto no interviniente en la fase en cuestión.

■ Si como usuario de la Guía se desea profundizar en este aspecto comparativo de las distintas formas de dividir el CV en fases según países y/u organizaciones, aquí presentamos un listado no exhaustivo de los principales utilizados en el mismo:

- Norma PAS 1192-2 (UK)
- RIBA. Plan of Work (UK)
- Uniclass 2 PP Project Phases (UK)
- AIA. Documento D22 (USA)
- Tabla 31 OmniClass (USA)
- NATSPEC. BIM Management Plan Template (Australia)
- BIM Handbook. (Nueva Zelanda)
- Guías COBIM (Finlandia)
- Singapore BIM Guide (Singapur)
- RD 2512/77 (España)
- Ley 38/1999 LOE (España)
- Autodesk
- Nemetschek
- BuildingSMART
- ISO 29481-1:2010

#### 2.1.1. Fases del proyecto-construcción

##### Fase de preparación

Es la fase inicial de la operación, aquella en la que el promotor de la misma establece las pautas y requisitos generales.

La identificación clara de los objetivos que se pretenden conseguir y de las necesidades a las que debe responder el proyecto es fundamental para el éxito de este. Es por ello, que

esta fase debe comprender una estrategia basada en los siguientes pasos:

1. Definición estratégica de los objetivos de la operación
2. Definición de las necesidades y requisitos del promotor
3. Análisis preliminar de la viabilidad global de la operación

El promotor es el que debe llevar a cabo estas tareas en esta fase. Si no hay equipo técnico, designado para la o las fases posteriores, que pudiese ayudarlo, aquel puede contratar los servicios de un Project manager.

### Fase de diseño o de proyecto

En esta fase el promotor comienza por contratar a diversos agentes para que procedan al desarrollo del proyecto o conjunto de documentos que servirán para la materialización del edificio.

■ Esta es la fase que, en general, se trata con mayor profundidad y detalle en todos los documentos analizados.

Suele empezar por un diseño inicial o conceptual (conceptual design, schematic design), A continuación, con una profundización o mayor grado de detalle en el diseño (detailed design), se concluye con la obtención de los documentos necesarios para llevar a cabo la construcción. Aunque en algunos de los documentos analizados a esta documentación se la denomina "construction documents", no se refieren en ningún caso a la "documentación de la construcción" tal y como la entenderíamos nosotros. Obviamente, esta última será la que se genere simultánea o a posteriori de la ejecución de la obra y pertenecerá a otra fase de proyecto.

### Fase de construcción

Una vez que en las fases anteriores se ha desarrollado la documentación suficiente como

para poder ejecutar físicamente la obra, se puede iniciar esta fase, dentro de la cual es bastante general entre lo analizado, que se distingan las siguientes subfases:

1. Licitación o contratación: los diversos contratistas analizan la documentación del proyecto y proponen sus ofertas al promotor, quien a su vez las examina y toma la decisión de elegir y contratar a las empresas que llevarán a cabo la ejecución de los distintos trabajos.
2. Construcción: las diversas empresas contratadas van ejecutando los trabajos encomendados bajo la supervisión de los técnicos del promotor; en función del tipo de contratación pueden arbitrarse diferentes controles y formas de pago o abono de los trabajos realizados.
3. Finalización y entrega: una vez rematados los trabajos propios de la construcción se procede a revisar todo lo ejecutado y su entrega al promotor para que comience el uso.

Así pues, la fase de construcción comprende principalmente los trabajos de ejecución material de las obras. Pero también se realizarán aquellos necesarios para ampliar y/o modificar la documentación de proyecto en caso de que fuera necesario. Y, llegada esta fase a su fin, es decir, a la conclusión de la obra, se elaborarán los documentos propios de esa conclusión más aquellos que reflejen su estado final real y la entrega de todo ello al promotor.

### Fase de explotación

Con el edificio ya en manos del promotor, solo queda empezar a usarlo y explotarlo. Disfrutarlo, al fin y al cabo. Pero para que ese uso, explotación y, sobre todo, disfrute de edificio sea posible, durante todo el tiempo para el que ha sido concebido, se deberán realizar diseñar y programar tareas de mantenimiento y operación.

Esta fase en el ciclo de vida de un edificio, más allá de que es la que va a durar más tiempo con diferencia, tiene unas particularidades que la distinguen de las 3 anteriores:

- La duración de la fase explotación dentro del CV del edificio depende directamente de cómo se realicen las tareas propias de la fase.
- Las tareas dentro de la fase explotación no tienen necesariamente un desarrollo secuencial, siguiendo un orden predeterminado, sino que se puede establecer como una gran fase, con un hito inicial y un hito final.

Si aceptamos esta diferencia respecto de las fases anteriores, el hito inicial suponer la verificación de que se dispone de la documentación necesaria y adecuada para proceder a la explotación del edificio. Uno de esos documentos, que normalmente se genera, es el que se conoce como el proyecto "as built", es decir, una documentación actualizada a la realidad de este. La tarea fundamental en este hito inicial sería la verificación de que el citado proyecto "as built" es lo suficientemente completo y preciso. Como complemento se realizarían una serie de pruebas al edificio para verificar que todos los sistemas y equipos funcionan como está previsto.

Por su parte, el hito final sería el desmantelamiento o la demolición del edificio en su configuración actual una vez que las circunstancias dictaminen que la vida del edificio ha llegado a su fin.

Decíamos más arriba que una de las conclusiones que se extrajo del estudio de los documentos que trataban el tema de la división del proyecto en fases era que la fase explotación no se consideraba en alguno de ellos.

Esta fase engloba:

1. Operaciones generales para cualquier tipo de edificio, tanto de carácter preventivo como correctivo.
2. Operaciones por usos o circunstancias específicas tales como cambio de uso o modificación de la configuración del edificio, las ligadas a la explotación de los espacios o las de seguimiento, monitorización y auditoría de las prestaciones del edificio.

Pero la importancia de esta fase radica por una parte en que, como ya hemos dicho, es con diferencia la fase de mayor duración. Pero, además, es la que genera el beneficio de la inversión realizada, y también, precisamente por su duración, la que mayores costes puede suponer.

Es por ello que cobra especial importancia la idea de prever desde las fases de diseño los consumos y gastos que se van a originar durante la explotación del edificio, condicionar desde el diseño los aspectos económicos y los que atañen a la seguridad de uso y mantenimiento.

■ Nos referimos, por ejemplo, al comportamiento energético del edificio, la accesibilidad de las instalaciones que facilite sus revisiones, reparaciones o sustituciones, el envejecimiento de los materiales, la versatilidad de determinados sistemas constructivos de compartimentación o equipamientos, la posibilidad de recuperación de esos materiales y su reutilización, etc.

### 2.1.2. El modelo de contratación, las fases del proyecto y BIM

Si en lugar de los criterios tenidos en cuenta en el apartado anterior para dividir el CV del edificio en fases, incluimos, o más bien consideramos como una más de la fase de licitación, la clasificación podría quedar como sigue:

Así en todo proyecto de construcción pueden identificarse cuatro grandes grupos de tareas o fases teniendo en cuenta la contratación y, más concretamente, el modelo de contratación:

1. Diseño (design)
2. Licitación (bid)
3. Construcción (build)
4. Explotación (operation)

La forma en la que se afronten estas fases dependerá de que el modelo de contratación sea completamente secuencial (DBB, Design-Bid-Build) o se lleve a cabo de forma integrada (IPD, Integrated Project Delivery).

**DBB** es el modo tradicional de contratación en nuestro país, y también en la mayoría de nuestro entorno. Es la forma clásica de desarrollo de operaciones de edificación porque a priori permite delimitar en compartimentos estancos las responsabilidades y las contrataciones. En su contra, la habitual falta de colaboración entre agentes de distintas fases que puede desembocar en conflictos.

En el modo integrado **IPD**, existe colaboración y participación desde el primer momento entre todos los agentes que se prevé que vayan a intervenir en la operación, y, por tanto, cada uno puede analizar cada trabajo de cada fase desde su óptica personal y anticiparse a la aparición de conflictos.

Existen otras formas intermedias o que, como variantes de la IPD, pretenden también la contratación conjunta de algunas de las fases, pero no necesariamente de todas, o no necesariamente desde la primera. Nos referimos la contratación Diseño-Construcción o Construcción-Explotación.

**BIM** como metodología de trabajo colaborativo, bidireccional, integrador, presente en to-

das las fases del proyecto, con sentido pleno si se considera la totalidad del CV del edificio, etc., y las aplicaciones informáticas actuales y las que vendrán que lo hacen una realidad, está posibilitando que cada vez sea más frecuente el desarrollo de proyectos de forma integrada en lugar de la forma secuencial.

El motivo fundamental para estudiar los sistemas de contratación dentro de las fases es determinar cuándo empiezan a participar cada uno de los roles, o agentes de la construcción desempeñando uno de esos roles en el desarrollo del proyecto. Durante el estudio se pudo comprobar que con los métodos integradores se anticipa el inicio de esta participación, haciendo conveniente el empleo de la metodología BIM para lograr la comunicación, colaboración y coordinación entre los mismos.

■ Otra cuestión que se suelen plantear los que tienen desconocimiento de la metodología es si sale rentable empezar a hacer BIM en cualquiera de estas fases descritas. No faltan los que opinan que BIM solo es rentable para obras de nueva planta. Lo cierto es que el uso de la metodología es apropiado comenzando en cualquier momento del CV de la construcción, siempre que se parta de datos precisos. Ha sido utilizado favorablemente en obras de reparación, mantenimiento, rehabilitación o ampliación.

## 2.2. Niveles de desarrollo

### 2.2.1. Como se hace BIM

Como ya se ha indicado anteriormente en esta guía, para "hacer BIM" hay que descomponer la construcción en piezas y definir tanto sus propiedades como la relación entre las mismas o con el conjunto del edificio.

En el apartador anterior se ha descrito como dividimos el proceso constructivo en fases

o momentos del tiempo para definir el tamaño el que deben tener esas piezas y su descomposición. Pero no es solo el tamaño y número de esas piezas lo que evoluciona a la par que la construcción, también la cantidad de información necesaria, y su precisión para adecuarla a las necesidades del proceso.

Es lógico pensar que la cantidad de información necesaria es creciente conforme avanza el proceso y que su nivel de definición cada vez debería ser más preciso.

### 2.2.2. Origen del concepto LOD

Para estandarizar la cantidad de información necesaria para una pieza, parte o elemento, de una construcción, la empresa Vico Software ideó el sistema Model Progression Specification, asemejando la cantidad de información total necesaria para una pieza en determinados momentos del tiempo a la requerida para avanzar el modelo, coste o planificación de esa construcción, extrapolando esta idea al resto de los usos que se le pudieran asignar al modelo.

Así comenzaron hablando de diferentes "Levels of Details", lo que se podría traducir de forma directa como Niveles de Detalle para cinco estados diferentes de la evolución de la información de estas piezas.

Fijándonos en la evolución de los sistemas de cálculo de estimaciones, valoraciones o presupuestos, es fácil entender el porqué de estos cinco estados.

El estado más bajo del desarrollo de una estimación de una construcción es aquél en el que utilizamos ratios o precios medios para que una vez multiplicados por la métrica más básica de los elementos a construir proporcionen una información económica aproximada. Por ejemplo, producto de metros lineales

de un sistema viario a construir por su precio por metro lineal, o producto de metros cuadrados de una determinada tipología de construcción. Del modelo solo deberíamos obtener estas métricas aproximadas para obtener esa aproximación presupuestaria.

En un segundo estado de definición de la construcción, más evolucionado, podríamos encontrar la definición geométrica aproximada de los elementos que forman parte de la misma. Aplicando entonces precios medios de elementos por función a esa métrica más precisa, se podría obtener una valoración más aproximada. Por ejemplo, se podría calcular el valor aproximado del capítulo de cerramientos multiplicando el número de metros cuadrados aproximados que hay en las piezas del modelo por un precio estándar de cerramiento de ese tipo. El precio obtenido así para este capítulo será más preciso que el resultado de aplicar una ratio al total de la construcción obtenida en el estado anterior.

En un tercer momento o etapa, ya se habrán definido las soluciones constructivas a emplear y se habrán dimensionado todos los sistemas de la edificación para satisfacer las necesidades requeridas. La valoración se puede precisar mucho más al dejar de utilizar precios medios de elementos por función para usar precios medios de soluciones constructivas determinadas, afinando mucho más la cifra final. Si bien, es cierto, que a este nivel de definición pre-constructiva, estas soluciones prescritas de forma genérica todavía carecen de suficiente información para tener un coste real.

A este coste real, nos acercaremos mucho más, cuando desarrollemos esta información de las soluciones constructivas, estudiando todos los problemas y aportando las soluciones específicas para cada localización de

la construcción. Es lo que se hace habitualmente en un estudio económico para licitar o antes de una contratación a precio cerrado, para determinar todas las particularidades de la obra a ejecutar.

Aun así, al coste real, solo llegaremos cuando cada elemento haya sido construido, ensamblado o colocado en posición particular y hayamos acabado la construcción, con todas sus repercusiones.

Similares consideraciones se podrían haber realizado a la hora de definir el progreso de una planificación de obra en el tiempo, o de la cantidad de información necesaria para general la documentación de construcción necesaria en esas etapas.

Vico estableció por tanto cinco etapas, con cinco niveles de detalle diferentes y a la hora de nombrarlos les asignó un identificador numérico no consecutivo, de tal manera que se pudiesen definir estados o niveles de diseño intermedios: LOD100, LOD 200, LOD 300, LOD 400 y LOD500.

Debemos resalta que esta empresa siempre definió el LOD para cada una de las partes del modelo, nunca para su conjunto, ya que desde el primer momento entendió que en cualquier etapa del desarrollo podrían ser necesarios diferentes LODs para diferentes partes. De hecho, algunas de las piezas del proyecto, como las relativas a su entorno, es normal que permanezcan en un nivel de detalle bajo hasta el final del desarrollo de la construcción.

Otro concepto a resaltar es que la evolución de este nivel de detalle debe ser planificado rigurosamente y hacerlo de forma equilibrada. Por ejemplo, si hay partes de la construcción, cuya definición depende de

la concreción de otras, sería contraproducente exigir un nivel de detalle muy alto de las primeras si no se ha conseguido ya en las segundas, ya que un pequeño cambio en estas últimas obligaría a la redefinición total de las primeras, con el consiguiente esfuerzo en vano.

### 2.2.3. Aportación del AIA

El American Institute of Architects, AIA, se basó en este sistema de clasificación para desarrollar su documento E202™ - 2008 Building Information Modeling Protocol Exhibit, como modelo de contrato de servicios publicado en el año 2008.

Más tarde, en 2013, publicó el documento G202™-2013, Project Building Information Modeling Protocol Form, donde introdujo algunos cambios sobre el modelo de progreso ideado por VICO.

Uno de esos cambios fue la sustitución de término "detalle" por el de "desarrollo". Lo que motivó este cambio fueron los problemas que podrían surgir al relacionar la palabra "detalle" con "diseño" o "dibujo" y el crecimiento no progresivo y lineal de la información relacionada con estos dos conceptos.

Una parte de la información que tienen asociada las piezas de un modelo construcción está relacionada con su geometría y su aspecto. Además podremos encontrar información meramente textual o enlaces a otras direcciones de almacenamiento para ampliar la información directamente incluida en la parte.

La expresión Nivel de Detalle, recuerda más al primer tipo de información, a aquella que se suele utilizar para conseguir una determinada representación gráfica del elemento, no a toda la que pueden contener, y además esta representación gráfica de los elementos

no siempre es creciente ya que, por ejemplo si el modelo se usa para obtener documentos que ayuden a comercializar el producto, su nivel puede ser más elevado en etapas más tempranas, que es cuando se produce esa comercialización, que posteriormente, que es cuando se define con más precisión la construcción para llevarla a cabo.

Sin embargo, el desarrollo de la información global asociada a una pieza o parte, sí que tiene un crecimiento continuado, de ahí que se llevase a cabo la sustitución del término empleado. No obstante, este cambio no eliminó del todo el problema ya que el acrónimo LOD permanece invariable, incluso es confuso decidir si la D proviene de detalle, dibujo, diseño, definición o desarrollo.

Normalmente, se suele interpretar LOD como Nivel de Desarrollo y Lod o LoD como nivel de detalle, haciendo referencia en este último caso a la información gráfica, apareciendo otras métricas como Lol, para Niveles de Información (no gráfica).

Incluso, en otras culturas, han aparecido otras escalas, como los grados de definición o los niveles de precisión o coordinación. Lo importante es entender que en cada proyecto es necesario definir la cantidad y tipología de información que debe estar asociada a cada parte del mismo, concretándola bien, independientemente del estándar que se utilice.

Otro concepto que introdujo la AIA es que su LOD representa también la cantidad de información veraz contenida en cada pieza del modelo, no como medida de la calidad de su representación gráfica, ni como magnitud de toda la información contenida en ella, sino haciendo referencia a solo aquella realmente elaborada, contrastada y/o requerida.

Esto es debido a que, como consecuencia de la utilización de la definición de piezas de unos modelos en otros, se puede transmitir información entre ellos que no es requerida, o incluso no contratada. Se recomienda siempre no introducir esta información, ya que puede producir problemas contractuales.

Incluso, en otras culturas, han aparecido otras escalas, como los grados de definición o los niveles de precisión o coordinación. Lo importante es entender que en cada proyecto es necesario definir la cantidad y tipología de información que debe estar asociada a cada parte del mismo, concretándola bien, independientemente del estándar que se utilice.

#### 2.2.4. Los LOD

Según refleja el AIA en el Documento™ G-202™\_2013 (Article 2. Level of Development) los distintos niveles de desarrollo por los que puede pasar un elemento son cinco. Para cada nivel de desarrollo se establecen unos requisitos de contenido mínimo y unos usos. Los elementos que se encuentren en un nivel de desarrollo específico deberán cumplir con el contenido mínimo establecido para ese nivel y por lo tanto podrán ser destinados a los usos que establece dicho nivel.

##### LOD 100

- Requisitos de contenido: El elemento de modelo puede representarse de forma gráfica mediante un símbolo u otra representación de carácter genérico sin satisfacer los requisitos establecidos para el LOD 200. La información relacionada con el elemento de modelo (por ejemplo: coste por metro cuadrado) puede derivarse de otros elementos de modelo.
- Usos Autorizados:
  - Análisis. Basado en las dimensiones geométricas del elemento, en su ubicación y en su orientación, aplicándole para

ello rendimientos generales ya fijados para otros elementos de modelo.

Estimación de Coste. Basada en sus dimensiones geométricas (por ejemplo: coste por m<sup>2</sup>, unidad de apartamento, etc.).

Programación. El elemento de modelo puede utilizarse para la determinación de fases y duraciones de proyecto.

Otros usos Autorizados. A definir para este LOD. (Figura 2)

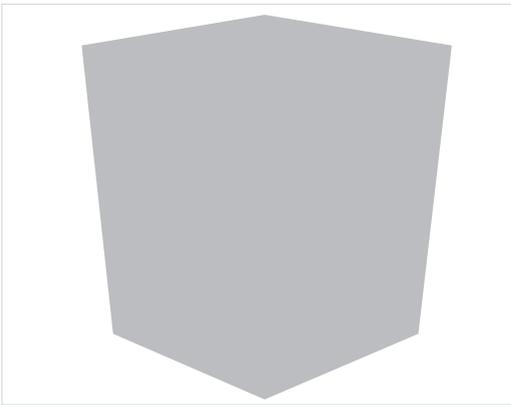


Figura 2. Pilar metálico Nivel de desarrollo 100. Fuente: BIM Forum 2013, B 1010.10\_Floor Structural Frame\_Steel Framing Columns

### LOD 200

- Requisitos de contenido: El elemento de modelo se representa de forma gráfica como un elemento o conjunto de elementos genéricos, con cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación aproximada. Puede ser enlazada al elemento de modelo información no gráfica.
- Usos Autorizados:
  - Análisis. Comportamiento del elemento utilizando los criterios generales establecidos para los elementos de modelo.
  - Estimación de Coste. Basada en información aproximada y técnicas de estimación de cantidades, (por ejemplo: Cantidad de elemento).

Programación. Planificación de tiempos y criterios de prioridad para los elementos y sistemas más importantes de proyecto.

Coordinación. Coordinación general del elemento de modelo en cuanto a tamaño, localización y separación mínima con respecto a otros elementos.

Otros usos Autorizados. A definir para este LOD. (Figura 3)

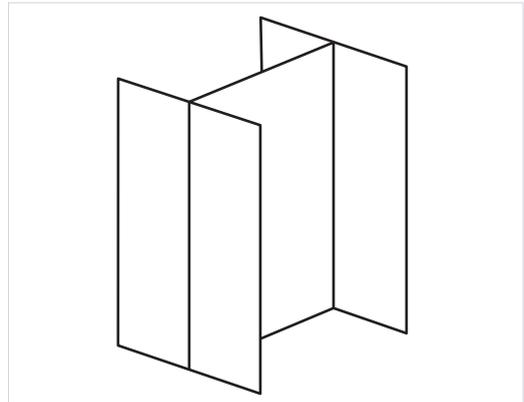


Figura 3. Pilar metálico Nivel de desarrollo 200. Fuente: BIM Forum 2013, B 1010.10\_Floor Structural Frame\_Steel Framing Columns

### LOD 300

- Requisitos de contenido: El elemento de modelo se representa de manera gráfica como un elemento o conjunto de elementos específicos con cantidades, tamaño, forma, ubicación y orientación. Esto significa que todas estas propiedades podrán medirse directamente en el modelo sin tener que acudir a la información no modelada.

Puede ser enlazada al elemento de modelo información no gráfica.

- Usos Autorizados:
  - Análisis. Comportamiento del elemento utilizando los criterios específicos establecidos para el elemento de modelo.
  - Estimación de Coste. El elemento puede ser utilizado para desarrollar estimaciones

de coste apropiadas para licitación, basándose en la información específica aportada. Programación. Los elementos del modelo pueden ser utilizados para mostrar de forma ordenada su aparición en la construcción.

Coordinación. Coordinación específica en cuanto tamaño, localización distancia mínima con respecto a otros elementos de modelo.

Otros usos Autorizados. A definir para este LOD. (Figura 4)



Figura 4. Pilar metálico Nivel de desarrollo 300. Fuente: BIM Forum 2013, B 1010.10\_Floor Structural Frame\_Steel Framing Columns

#### LOD 400

- Requisitos de contenido: El elemento de modelo se representa de manera gráfica como un elemento o conjunto de elementos específicos con cantidades, tamaño, forma, ubicación y orientación específica. También contendrá información de fabricación, montaje e instalación. Esto significará que además de medir directamente sobre el modelo, el elemento contendrá todas las propiedades que lo definen como un elemento concreto. Puede ser enlazada al elemento de modelo información no gráfica.
- Usos Autorizados:

Análisis. Comportamiento del elemento utilizando los criterios reales establecidos para el elemento de modelo.

Estimación de Coste. Basada en los costes reales del elemento.

Programación. Planificación de tiempos y criterios de prioridad para los elementos y sistemas específicos de proyecto, incluyendo métodos y medios de construcción.

Coordinación. Coordinación específica en cuanto tamaño, localización y distancia mínima con otros elementos de modelo, incluyendo datos de fabricación, instalación y mantenimiento.

Otros usos Autorizados. A definir para este LOD. (Figura 5)

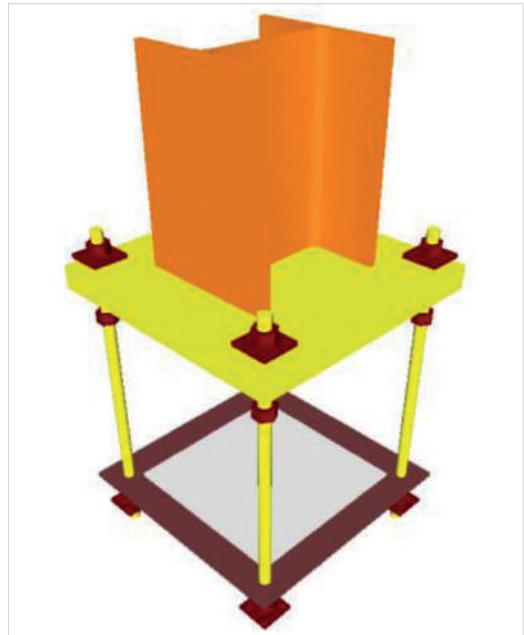


Figura 5. Pilar metálico Nivel de desarrollo 400. Fuente: BIM Forum 2013, B 1010.10\_Floor Structural Frame\_Steel Framing Columns

#### LOD 500

- Requisitos de contenido: El elemento del modelo estará verificado con respecto al construido en cuanto a tamaño, forma,

ubicación, cantidad y orientación. Puede ser enlazada al elemento de modelo información no gráfica.

- Usos Autorizados.  
A definir para este LOD.

Además de estos cinco niveles de desarrollo para elementos de modelo establecidos por el AIA, primero el documento E202™ - 2008 y posteriormente en el G202™ -2013, el grupo de trabajo BIM Forum, en el documento "Level of Development Specification" define un sexto nivel que se ubica entre el 300 y el 400, es el LOD 350 en su documento de 2013. A partir de ese año, esta organización es quien se ha encargado de publicar una Guía de Especificaciones para definir estos niveles. La más reciente es la 2019. <https://bimforum.org/wp-content/uploads/2019/04/LOD-Spec-2019-Part-I-and-Guide-2019-04-29.pdf> (Figura 6).

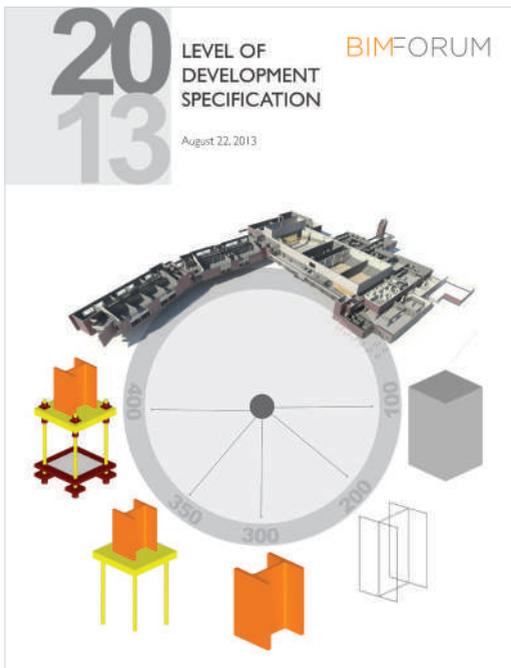


Figura 6. BIM Forum, Level of Development Specification. Fuente: Documento BIM Forum Level of development Specification v2013

### LOD 350

La propuesta de creación de este nivel intermedio se justifica porque alcanzar el nivel 400, con todas las instrucciones de fabricación, ensamblaje o construcción, de todas las partes del modelo, requiere de un esfuerzo enorme, que no siempre se ve compensado, sobre todo si el modelo no se va a utilizar para temas de fabricación.

Muchas veces estos elementos serán fabricados y ensamblados en obra por subcontratas externas que no necesitan estas instrucciones de fabricación ni de montaje en obra. No obstante, puede ser imprescindible aportar más información a algunas partes del modelo que se encuentran en un nivel de definición LOD300 para poder realizar otros usos, como sería una detección de colisiones o una valoración más precisa que la aportada por un LOD300 para licitar una obra.

Por este motivo se propone la existencia de un LOD350.

El elemento de modelo con un LOD 350 se representa de manera gráfica como un elemento o conjunto de elementos específicos con cantidades, tamaño, forma, ubicación, orientación e interferencias con otros elementos de modelo. Puede ser enlazada al elemento de modelo información no gráfica.

La diferencia del LOD 350 con respecto al LOD 400 reside en la información de montaje, fabricación e instalación. La principal diferencia entre el LOD 300 y el LOD 350 es que este último contendrá toda la información necesaria para calcular interferencias con otros elementos del modelo.(Figura 7).

Nótese que la mayor parte de las definiciones de los LODs en cuanto a Otros usos autorizados siempre hacen referencia a que se

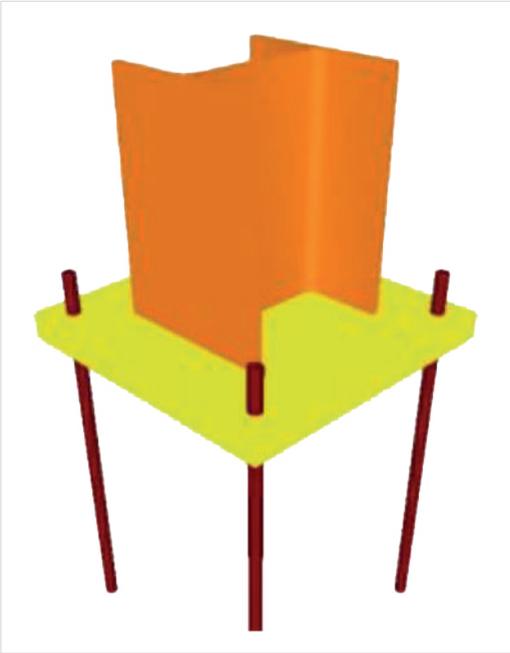


Figura 7. Pilar metálico Nivel de desarrollo 350. Fuente: BIM Forum 2013, B 1010.10\_Floor Structural Frame\_Steel Framing Columns

deben definir en particular para ese uso. Es por lo que se considera importante, (y será un nuevo factor más para terminar de definir la características y cantidad de información que debe estar asociada a cada parte del modelo), realizar un estudio de los usos que se pueden obtener del mismo.

### 2.3. Usos BIM

Todos los textos relativos a procedimientos o buenas prácticas para hacer BIM, recomiendan comenzar el proceso fijando los objetivos del proyecto que se está iniciando y hacerlo según la división en fases; el siguiente paso es analizar los USOS del BIM que pueden ser adecuados para esos objetivos; esto nos ha de llevar después a detectar las posibles herramientas tecnológicas disponibles y a analizar si su empleo es apropiado para conseguir los objetivos previamente definidos; una vez

determinados los usos y localizadas las herramientas, quedará por comprobar si el equipo técnico de que se dispone es apto para ponerlo en práctica. Así que parece claro que poco podemos avanzar en el estudio de los conceptos BIM si no dedicamos ahora este apartado a tratar todo lo que concierne a los USOS BIM.

#### 2.3.1. Para qué se hace BIM

La pregunta "para qué" se hace BIM en una fase concreta del proyecto quedará respondida cuando se defina el USO o USOS BIM apropiados para alcanzar cada uno de los objetivos previstos en dicha fase.

Todos los proyectos de construcción, como ya se nombra al comienzo de este documento, están divididos en el tiempo de forma lineal por una serie de etapas o fases. Para cada una de las fases del proyecto, será necesario definir una serie de objetivos. Los usos van a ser consecuencia directa de los objetivos previstos.

La pregunta completa a la que hemos de responder con el uso adecuado es en realidad: ¿Para qué voy a utilizar el modelo en esta fase? Y, por tanto, ¿cuánta información necesito introducir en el mismo?, ¿y de qué tipo es esa información?, además ¿qué tipo de información ha de devolverme dicho modelo para conseguir el objetivo puntual previsto en esta fase o en este momento de esta fase?

Pongamos un ejemplo:

En la fase de diseño uno de los objetivos (*objetivo 1*), entre otros, será la definición formal, dimensional y constructiva del edificio diseñado. En los primeros momentos de la fase de diseño estaremos centrados en definir, formal y dimensionalmente el edificio (*llamémosle uso 1.1*); la cantidad y tipo de información será suficiente y necesaria para

ello. Seguramente no será hasta un momento más avanzado del diseño, con el uso 1.1 alcanzado o prácticamente alcanzado, que no introduzcamos la información que permita realizar el análisis estructural (uso 1.2) claramente necesario junto con el anterior, para la definición total del edificio, es decir, para conseguir el *objetivo 1*. Para un mismo objetivo de proyecto, el modelo va a tener varias intencionalidades o USOS. La información introducida en el modelo para cada uso será distinta.

Otro de los objetivos en la fase de diseño sería la valoración económica del proyecto (objetivo 2). No se podrá tener una valoración ajustada hasta que este no esté totalmente definido. Pero, como sabemos, esta valoración no dejará de ser un presupuesto durante la fase de diseño. Por otro lado, el promotor habrá requerido saber el coste de su proyecto desde el principio, esto es, desde la fase de prediseño, tanto más ajustado cuanto más avance la definición, pero en cualquier caso para decidir la viabilidad o no de la inversión que tiene prevista cuanto antes. Y desde luego querrá saber cómo la propia ejecución de la obra (y si es el caso la explotación del edificio) va concretando el valor/coste real de su proyecto. Por tanto, este objetivo se repetirá en todas las fases a lo largo del ciclo de vida completo del edificio. Y el objetivo coincide, en este caso, con la intención del modelo o el USO que podríamos llamar “valoración de costes”.

Queda claro también en el ejemplo que, en cualquier caso, un uso BIM, aunque lo vaya a desarrollar una sola organización, no es un trabajo aislado. Es un trabajo que estará relacionado con otros realizados previamente y con otros que sucederán a posteriori. Esto significa que debe haber una colaboración entre las distintas organizaciones, de manera que la información que se obtiene de un uso BIM

tiene que permitir realizar el siguiente. En el caso de que no exista suficiente información, necesariamente deberá estar definido quién es el encargado de aportarla. Es imprescindible, pues, estudiar la información necesaria para desarrollar cada uso BIM, y analizar si la información proveniente del uso BIM anterior es la necesaria o falta información.

Y todo resultará más fácil si las partes que colaboran en la generación del modelo conocen: el nombre y la definición de los usos; en qué fases se requiere cada uso; o qué uso o usos se requieren en cada fase; y cuál es la información y qué cantidad de información es la requerida para cada uso.

### 2.3.2. Las dimensiones de BIM: nD BIM

Antes de dar una clasificación y definición de los Usos BIM que consideramos bastante coherente con lo explicado en puntos anteriores, no queremos dejar de hacer una breve reflexión sobre un concepto muy relacionado con ellos y que se ha venido (y se sigue utilizando) cuando se quiere determinar para qué se va a usar el modelo, cuál es su finalidad, es decir, cuál es su uso.

Nos estamos refiriendo a las Ds o las Dimensiones de BIM (Figura 8). Esta clasificación surge a partir de la idea de las tres dimensiones del modelo y al ir añadiéndole disciplinas que se dan en llamar Dimensiones. Ese modelo 3D se correspondería con el necesario para la fase diseño. Aparece el 4D cuando se le añade información relativa al tiempo que permitiría calcular la duración de la obra y, por tanto, planificarla o programarla en el tiempo. Si a lo anterior se añade la variable económica, el modelo 5D permite calcular costes y, junto con el tiempo, hacerlo en cada momento del proyecto y conocer la variación de costes en tiempo real. Algunos autores hablan de 6D si el modelo recoge in-



Figura 8. "BIM uses" para un proyecto. Fuente: BIM Project Ejección Planning Guide

formación que permita realizar sobre él análisis o simulaciones desde el punto de vista del comportamiento energético. Esta 6D rompe un poco la tendencia de la linealidad con las fases que seguían las anteriores Ds. Además, algunos autores consideran que es transversal a todo el proyecto y debería dársele otro valor. Y por último se habla de 7D cuando se refiere al modelo que se va a usar para la explotación del edificio y, por tanto, es un modelo "as built". (Figura 8)

El uso de esta clasificación está muy extendido a la hora de definir el modelo necesario para según qué se vaya a utilizar. Sin embargo, en nuestra opinión y en la de la mayoría de los autores en estos momentos, es demasiado generalista y no garantiza los tres aspectos fundamentales de los que hemos hablado en el punto anterior:

- Para un mismo objetivo de proyecto, el modelo va a tener varias intencionalidades o USOS. La información introducida en el modelo para cada uso será distinta.

- Es imprescindible conocer con exactitud la información necesaria para desarrollar cada uso BIM
- La información que se obtiene de un uso BIM tiene que permitir realizar el siguiente

Siguiendo con el ejemplo del punto anterior, pero con esta clasificación basada en Ds y no en usos:

- Se requerirá y se hablará de 3D tanto si lo que se está realmente requiriendo es un modelo realista para la publicidad y venta de una promoción de viviendas, como si se van a sacar planos de proyecto básico para la solicitud de licencia de obras como si se va a dimensionar la instalación de AA para el proyecto de ejecución. Claramente se está en cada caso en una fase diferente del proyecto, la finalidad del modelo es diferente y, lo que es más importante, la cantidad de información y el tipo o calidad de esta para cada uno de los requerimientos u objetivos es totalmente distinta.



Figura 9. Model Uses – term cloud. Fuente: <https://www.bimthinkspace.com/>

Se requiere pues una clasificación mucho más detallada, ajustada a los objetivos y a las fases de proyecto. Y por supuesto ajustada a la cantidad de trabajo a invertir para obtener la información necesaria en cada momento.

Por el contrario, otros autores como Bilal Succar (Figura 9) plantean clasificaciones de usos BIM tan exhaustivas que derivan en un número de usos casi inmanejable, Entre algunos de ellos las diferencias son tan sutiles que resulta complicado llegar a distinguirlos, cosa que puede acabar distorsionan la idea de clarificación que la clasificación de los usos pretendía para hacer el trabajo más eficaz.

Atendiendo a todo esto se plantea la clasificación que veremos en el siguiente punto. (Figura 9)

**2.3.3. Los usos BIM según la BPEPG**

Se propone aquí una división de Usos BIM más detallada que la de las Ds consistente simplemente en añadir una disciplina más a la anterior, y más concreta que la de Succar. Realmente pensamos que es ciertamente manejable, asumible en proyectos de casi cual-

quier envergadura, y con una relación directa con las fases de proyecto tal y como las entendemos y estamos familiarizados a dividirlo.

Nos referimos a la que plantea la Guía de la Universidad de Pennsylvania para el Plan de Ejecución BIM (en adelante BPEPG).

■ La BIM Project Execution Planning Guide (BPEPG v2.0) es el resultado de la Tesis Doctoral de Chitwan Saluja, defendida en 2009 en la Universidad Estatal de Pennsylvania (EEUU). Es un referente muy extendido para la redacción de los Planes de Ejecución BIM (de los que se hablará más adelante) ante la falta de normativa.

La guía establece 21 usos del BIM, todos ellos identificados durante experiencias reales en proyectos de construcción. Son los siguientes (mantenemos su nombre original de la Guía en inglés):

Building (Preventative) Maintenance Scheduling / Programación del mantenimiento preventivo de la construcción

Se trata del proceso de mantenimiento de las partes del edificio (elementos construc-

tivos y equipamiento) durante todo su ciclo de vida.

**Building System Analysis / Análisis de los sistemas del edificio**

Procesos de análisis del comportamiento del edificio respecto al diseño específico, es decir, como funciona y cuanta energía consume.

**Asset Management / Gestión de activos**

El objetivo de este uso es vincular bidireccionalmente un "Record Model" (Modelo de registro) a un sistema de gestión de activos (GMAO) para poder así llevar las operaciones y el mantenimiento. El modelo BIM contendrá al detalle toda la información de un edificio ya construido.

**Space Management and Tracking / Gestión de espacios**

El modelo BIM permitirá al equipo de gestión de la instalación analizar el uso existente del espacio y gestionar adecuadamente los cambios en la clientela, el uso del espacio y los cambios futuros a lo largo de la vida de la instalación.

**Disaster Planning / Planificación de catástrofes**

Para el proceso en el cual los servicios de emergencia acceden a la información crucial del edificio a través de un modelo. De esta manera se pretende minimizar los riesgos de seguridad ante una situación desastrosa.

La información dinámica del edificio se proporcionará a través del "building automation system" (BAS), mientras que la estática residirá en el modelo BIM. La integración de ambas permitirá identificar a los servicios de emergencia en qué parte del edificio se encuentra la emergencia y las posibles rutas de acceso.

**Record Modeling / Modelo de registro**

Se trata del proceso a través del cual se representa un modelo preciso del proyecto. Es

el modelo que se obtiene como resultado de la finalización de todos los trabajos de modelado en el que figurará toda la información (As built).

**Site Utilization Planning / Planificación del sitio de obra**

Proceso en el que se representan gráficamente tanto instalaciones temporales como permanentes durante las distintas fases del proceso de construcción.

**Construction System Design / Diseño de los sistemas de construcción**

Proceso en el cual se utiliza un software de diseño 3D para diseñar y analizar la construcción de un sistema constructivo complejo.

**Digital Fabrication / Fabricación digital**

Proceso que utiliza información digitalizada para facilitar la fabricación de materiales o ensamblajes.

**3D Control and Planning / Control de replanteos**

Procesos para el control de replanteos en obra basados en modelos digitales donde, por ejemplo, una estación total podría determinar si se ha alcanzado un nivel de excavación correcto o si una pieza de encofrado está situada en su posición correcta.

**3D Coordination / Coordinación 3D**

Proceso para la detección de colisiones entre elementos de modelo. El propósito pasa por eliminar la mayor cantidad de conflictos antes de su construcción o su instalación.

**Design Authoring / Diseño de autor**

Proceso en el cual a través de softwares 3D se crean modelos de información de la construcción basados en los criterios de diseño que se han establecido. Además de la creación, en este proceso también existirán análisis,

aunque no tan específicos como los que se realizan en los usos BIM llamados Revisión del diseño y Análisis de las distintas ingenierías.

### Engineering Analysis / Análisis de las ingenierías

Procesos diversos en los que se determina a través de herramientas de software específicas, las soluciones más efectivas en temas de ingeniería según las especificaciones de diseño. Entre ellos podemos distinguir, por ejemplo:

### Energy Analysis / Análisis energético

Proceso llevado a cabo en la fase de diseño de instalaciones en el que programas de simulación energética utilizarán el modelo BIM para evaluar energéticamente el diseño del edificio. Se busca su optimización para reducir los costos que se producirán durante el ciclo de vida.

### Structural Analysis / Análisis estructural

Proceso en el que un software de modelado analítico utiliza el modelo resultado del uso BIM Diseño de autor para determinar el comportamiento del sistema estructural. De esta manera se podrá desarrollar y perfeccionar su diseño.

### Sustainability (LEED) Evaluation / Evaluación de la sostenibilidad

Proceso en el cual el modelo BIM se analiza energéticamente en bases a criterios LEED. Este proceso puede realizarse durante todas las fases del ciclo de vida del edificio, incluyendo planificación, diseño, construcción y operaciones.

### Code Validation / Validación de los requisitos normativos

Proceso en el cual se utiliza un software de validación para comprobar los requisitos especificados para el proyecto en lo que a cumplimiento de normativa se refiere.

### Programming / Control del programa de necesidades

Proceso en el que se evalúa el diseño para definir si cumple o no con el programa y los requisitos espaciales.

### Site Analysis / Ubicación del proyecto

Proceso de evaluación de propiedades del emplazamiento a través de herramientas BIM/GIS para determinar la localización y ubicación más adecuada para el proyecto.

### Design Reviews / Revisión del diseño

Proceso en el que los integrantes del proyecto revisan el modelo 3D para proporcionar comentarios y poder así validar los aspectos del diseño.

### Phase Planning (4D Modeling) / Programación de obra

Proceso en el que a través de un modelo 4D se planifica la fase de construcción obteniendo la secuencia temporal de ejecución de los trabajos y los requisitos de espacios necesarios para llevarlos a cabo.

### Cost Estimation / Control de costes

Proceso a través del cual se obtendrán mediciones precisas del modelo para poder realizar estimaciones de coste durante todo el ciclo de vida del proyecto. De esta manera será posible evaluar a partir de las estimaciones el impacto económico de cualquier cambio.

### Existing Conditions Modeling / Modelado del estado actual

Proceso a través del cual se obtiene un modelo 3D de las condiciones existentes.

■ Para más información se pueden consultar otras definiciones y clasificaciones en BIM ThinkSpace <https://www.bimthinkspace.com/> o Practical BIM <http://practicalbim.blogspot.com/>

PLAN	DESIGN	CONSTRUCT	OPERATE
Existing Conditions Modeling			
Cost Estimation			
Phase Planning			
Programming			
Site Analysis			
Design Reviews			
Design Authoring			
Energy Analysis			
Structural Analysis			
Lighting Analysis			
Mechanical Analysis			
Other Eng. Analysis			
LEED Evaluation			
Code Validation			
3D Coordination			
Site Utilization Planning			
Construction System Design			
Digital Fabrication			
3D Control and Planning			
Record Model			
Maintenance Scheduling			
Building System Analysis			
Asset Management			
Space Mgmt./Tracking			
Disaster Planning			

Primary BIM Uses  
 Secondary BIM Uses

Figura 10.  
 "BIM uses"  
 para un  
 proyecto.  
 Fuente:  
 BIM Project  
 Execution  
 Planning Guide

### 2.3.4. Relación de los usos BIM con las fases de proyecto

La propia BPEPG relaciona los Usos BIM que ha definido con las fases del proyecto en la tabla de la Figura 10.

De lo visto en este apartado, de lo detallado en el ejemplo de los puntos 2.3.1 y 2.3.2 y de la tabla de la Figura 10, podemos concluir con que las dimensiones DBIM:

- Son el resultado de la adición de sucesivas disciplinas a las Ds anteriores, lo cual no es acorde necesariamente con las fases y los objetivos del proyecto.
- Son demasiado amplias cuando definiendo el alcance de un modelo para, por ejemplo, contratar un trabajo.
- Resultan insuficientes para determinar exactamente la calidad y cantidad de información que hay que incluir en el modelo.
- Son totalmente válidas para tratar el modelo desde el punto de vista de la disciplina.
- Es cierto que están muy generalizadas y tienen una gran aceptación.

Por su parte, los Usos BIM:

- Responden a la tarea que se va a realizar con el modelo en ese momento, al resultado que se desea obtener y al producto final o entregable que se ha de derivar del modelo.
- Permiten una mayor concreción.
- Se corresponden en algunos casos con algunas de las Ds. Sería el caso del uso Estimación de costes y el 5D.
- Es posible, incluso, echar de menos algún uso, como por ejemplo el necesario para la realización de la Gestión de residuos de la construcción.
- Se puede llegar a considerar más adecuado llamarlos Usos del Modelo, tal y como proponen en BIM ThinkSpace.
- No existe normativa al respecto, solo Guías en las que apoyarse. Tanto su número como su definición más o menos detallada y ajustada cada proyecto dependerá de la voluntad de los participantes en el proyecto.

### 2.4. Roles BIM

Se decía en algún momento del apartado anterior que, aunque un uso BIM lo vaya a desarrollar

una sola organización, no es un trabajo aislado. Que es un trabajo que estará relacionado con otros realizados previamente y con otros que sucederán a posteriori. Y que esto significa que debe haber una colaboración entre las distintas organizaciones, de manera que la información que se obtiene de un uso BIM tiene que permitir realizar el siguiente. Es evidente que en el caso de que no exista suficiente información, será necesario conocer a quién hay que pedirla, o lo que es lo mismo, quién fue el encargado de aportarla en su momento. Y ¿quién debería haber controlado que todo eso sea así?

BIM es mucho más que eso. La información hay que aportarla, pero también hay que extraerla en forma de productos entregables, y hay que coordinar que todo ocurra cuando, donde y hasta lo que se haya establecido previamente en los objetivos, etc.

Vamos a tratar ahora de establecer quién hace BIM y qué hace cada cual según precisamente quien sea. La respuesta está en los ROLES BIM.

### 2.4.1. Agentes LOE Vs Roles BIM

Para empezar, deberíamos dejar claro que, como en los demás conceptos BIM que estamos tratando, no existe una normativa común de aplicación en el territorio nacional que establezca la clasificación de los agentes BIM en roles, su denominación, las capacidades, habilidades que se le pueden exigir, las tareas que debe desempeñar, las responsabilidades que asume con el rol, etc.

Tampoco sobre el alcance, estructura y/o contenidos y resultados de aprendizaje de la formación que se debiera requerir para cada uno de ellos.

De hecho, al respecto de todo ello hay diversas tendencias, a nivel nacional e internacio-

nal, no necesariamente coincidentes o parecidas, de las que hablaremos más adelante.

Sin embargo, de todas ellas sí que se derivan una serie de ideas en las que coinciden al decir qué NO es un rol BIM, y tienen que ver con la relación con los agentes LOE de los que hablamos en el punto 1.1.2 de este capítulo:

- El ROL BIM no tiene relación con lo que nosotros conocemos como agentes de la construcción, claramente definidos en cuanto a competencias, requisitos para desempeñarlas y responsabilidades que asume responsabilidades por la LOE.
- Tampoco tienen necesariamente relación directa con los cargos administrativos y de gestión dentro de la organización, empresa o grupo de trabajo en el que se lleva a cabo el proyecto BIM.

También hay coincidencia entre los distintos autores en cuanto a lo que es un ROL BIM, pero desde un punto de vista muy general:

- Cada ROL BIM responde a una tarea o conjunto de tareas muy concretas a desempeñar.
- El ROL BIM quedará definido cuando se definan sus competencias, sus habilidades y sus responsabilidades.

A la hora de dar nombre a cada ROL y establecer una estructuración “jerárquica” o funcional es donde aparecen las tendencias a las que hemos aludido y que introduciremos a continuación brevemente.

### 2.4.2. Clasificación de los roles BIM. Distintas propuestas

Se va a plantear aquí una propuesta de clasificación de roles BIM que es el resultado del estudio análisis de distintas propuestas normativas o no, que existen. Pero antes haremos un repaso breve por alguna de esas otras

en las que nos hemos basado y lo acompañaremos de un breve análisis.

### Comisión es.BIM

El “Grupo de trabajo 2. Personas” de la Comisión es.BIM (en adelante GT2) planteó una propuesta de clasificación e identificación de roles BIM para nuestro país. El documento en el que se publicó, accesible todavía en el sitio web de la Comisión, incluía también diagramas de la estructura jerárquica y funcional en la que todos ellos se debían enmarcar según el criterio de los miembros del GT2. Y por último explicaban su punto de vista sobre las competencias y habilidades que cada uno de los agentes en el desempeño de cada rol debía de asumir y poseer respectivamente.

■ El Grupo de Trabajo 2. Personas se formó en el seno de la Comisión es.BIM. Estaba compuesto, como otros grupos de trabajo paralelos que se ocuparon de otros aspectos de la metodología, por expertos BIM, voluntarios. La Comisión es.BIM fue creada en 2015 por el Ministerio de Fomento para el estudio y difusión de la metodología BIM con el objetivo último de diseñar una estrategia institucional de implantación de la metodología BIM en el sector de la construcción y las infraestructuras, estrategia que incluía un calendario de implantación. Se hablará con mucho más detalle de esta comisión, sus objetivos, logros y el estado actual en otros capítulos de esta Guía para la AT.

La clasificación que dicho GT2 propuso es la siguiente:

- Promotor / cliente – Owner / client
- Director de proyecto BIM– BIM project manager
- Director de la gestión de la información – Information manager
- **Director técnico BIM – BIM Manager**
- Director de la gestión del diseño – Lead designer
- Director de la gestión de la ejecución – Lead construction

- Director del equipo de trabajo – Task team manager
- **Coordinador BIM – BIM coordinator**
- **Modelador BIM – BIM modeler / BIM operator**
- Otros profesionales BIM:
  - Analista BIM – BIM analyst
  - Coordinador CAD – CAD coordinator
  - Director técnico CAD – CAD manager
  - Programador de aplicaciones BIM – BIM application developer
  - Especialista IFC– IFC specialist
  - Facilitador BIM - BIM facilitator
  - Consultor BIM – BIM consultant / BIM expert
  - Investigador BIM – BIM researcher

Se observa que no todos los agentes tienen el “calificativo” BIM, de manera que entiende la convivencia de otros agentes que pueden no necesariamente tener competencias BIM, cosa, por otro lado, totalmente obvia.

Por otro lado, cuando lista los “Otros profesionales BIM”, entendemos que es una lista no exhaustiva si se necesita cualquier otro profesional según la tipología del proyecto (un arqueólogo, por ejemplo); o por el contrario, los que aparecen participaran solo si el proyecto lo requiere. Y además algunos de ellos lo serán independientemente de que presten servicios para un proyecto BIM o no (el programador, en este caso).

En su conjunto, nos parece una clasificación excesiva en tanto en cuanto excede lo que son realmente roles BIM, es decir, roles a los que necesariamente se les deberán exigir competencias BIM. Y además parece pensada para organizaciones o conjunto de organizaciones de proyecto realmente extensas, para proyectos de gran envergadura.

Se han resaltado aquellos roles que, o bien se repiten en las otras clasificaciones que se

van a presentar, o bien difieren de las otras en cuando a su posición en la estructura organizativa del conjunto de los agentes del proyecto.

### PAS 1992-2:2013

- Employers representative (director de proyecto BIM)
- Design / construction lead (director de la gestión del diseño/construcción)
- Project delivery manager (director de entrega de proyectos)
- Project information manager (director de la gestión de la información)
- Task team manager (director del equipo de trabajo)
- Otras actividades derivadas de la metodología BIM
  - Information author(s)
  - Interface manager

Lo primero que llama la atención de esta clasificación, sobre todo comparándola con la anterior, es concreción. Lo segundo es que el promotor, o *employer* en este caso, no aparece como tal sino por su representante. Pero, quizá, lo más significativo de esta clasificación es que los agentes o roles se determinan sin necesidad de añadirles el "calificativo" BIM. Se debe a que esta, BIM, es, por ley, la metodología de trabajo en los proyectos en Reino Unido.

■ **Sobre la PAS 1992-2:2013, su contenido, implantación y obligatoriedad en el Reino Unido, y su modelo de aplicación se va a hablar en el Capítulo 2 de esta Guía.**

### Otros

- Comissioning: revisión de datos y defensa usuario
- BIM Project Manager: coordinación y revisión
- **BIM Coordinator:** Coordinador de los BIM Managers de las empresas participantes en el proceso constructivo.

- **BIM Manager:** Supervisión del equipo, gestión ejecutiva e intercambio de modelos.
- Project Estimator: supervisión, mediciones y costes
- Data Development Modeler: Architecture, MEP, Structure
- Operador / **Modelador BIM**

### Otra propuesta: la nuestra

Como decíamos más arriba, nuestra intención ahora es plantear una propuesta de clasificación de roles BIM como resultado del estudio análisis de, entre otras, las anteriores. También surge del intento de hacerla lo más concreta posible y adaptable a la que en cada momento sea la estructura organizativa del equipo de proyecto y la envergadura del proyecto en sí mismo. Se ha querido ser también bastante riguroso en cuanto a la traducción e interpretación de los conceptos en inglés de los que se parte. Incluimos también lo que, desde nuestra opinión, debe ser las competencias+habilidades de cada uno de ellos.

- **Coordinador BIM:** Como su propio nombre indica coordinará a los BIM Managers de las empresas o disciplinas participantes en el proceso de diseño y/o construcción. Como tal se espera que sea nombrado por el promotor en la fase más inicial de proyecto BIM. Preferiblemente, por supuesto, al inicio de la fase de redacción del proyecto, si todo él se lleva a cabo dentro de esta metodología.
- Como coordinador de varias, su labor no podrá estar ligada a una de las empresas u organizaciones participantes. Sus intereses deben ser los del proyecto.
- Si se distingue entre fase de elaboración de proyecto y fase de construcción, es obvio que solo habrá uno en cada fase, que seguramente no será el mismo porque en fase de construcción podría ser elegido de

entre los distintos BIM Managers de las empresas participantes en esa fase.

- **BIM Manager:** Es el verdadero gestor de la información del modelo BIM. Y en esa función, será el responsable de la supervisión de su equipo, realizando la gestión ejecutiva. También será su responsabilidad el intercambio de los modelos entre los miembros de su equipo y entre su equipo y el Coordinador BIM. Como tal será propio de la empresa u organización, del equipo de diseño o del equipo de construcción. En fase de proyecto, y dependiendo de la envergadura de este, habrá uno por disciplina de proyecto. Por su parte, en fase de construcción habrá un BIM manager por contrata o subcontrata. No hemos considerado necesario ni conveniente el traducir su denominación del inglés por la aceptación que ya tiene en nuestro idioma. Pero si se desea se podría traducir por Director de la Gestión de la Información como lo hizo en su momento el GT2.
- **Modelador BIM:** Este rol es el que incorpora información al modelo, es el que realmente genera el modelo. Es básicamente un operador de software. Incorporará información de una o varias disciplinas según el tamaño del proyecto. O en otros casos, también por tamaño de proyecto o cumplimiento de plazos de entrega, cada disciplina de proyecto puede requerir de un equipo formado por varios modeladores, tantos como la empresa o el equipo considere necesarios. En cualquier caso, el Modelador BIM será especialista en la disciplina en cuestión y en el o los software correspondientes a esa disciplina. Los modeladores forman parte del equipo de cada empresa que participa y responden ante su BIM Manager.
- **Otros:** Tantos y con las competencias que la empresa, el proyecto o las circunstancias

especiales del mismo requieran. Pueden aparecer más roles por encima del Coordinador BIM, como un BIM Project Manager, o dentro de los equipos de disciplina o acompañando a estos. No queremos ser más explícitos ni detallar más en este sentido ya que dependerá siempre de esas circunstancias en cada caso.

Son las competencias y habilidades de cada uno de los roles lo que, en nuestra opinión, debe definirlos, y no tanto la forma de nombrarlos. Será de la asunción de esas competencias de donde se derivarán las responsabilidades que cada rol asuma en el proyecto. Previamente, habrá sido la acreditación que cada agente pueda presentar de que puede asumir unas u otras competencias lo que permitirá que sea contratado y situado en uno u otro escalafón de la estructura organizativa dentro del proyecto BIM. La nomenclatura no nos parece lo más determinante, al menos de momento mientras no haya normativa al respecto.

Y dicho esto, vamos a detenernos en estudiar con un poco más de profundidad a la que, en nuestra propuesta, consideramos que es la figura clave en el proyecto BIM: el BIM Manager.

#### 2.4.3. El BIM Manager.

##### Sus funciones y responsabilidades

La Comisión es.BIM, a pesar de no defender la misma estructura organizativa que se ha hecho para esta "Guía para AT" en el punto anterior, da una definición del rol BIM Manager tan generalista que bien podría servir en la nuestra o en cualquier otra. Así dice que el BIM Manager es la "*Persona de la organización del proyecto encargada de que el modelo combinado de todas las disciplinas sea coherente y se ajuste a las reglas o normas aplicables*".

Es cierto, pero como hemos dicho, para nosotros la figura del BIM Manager tiene tanto peso en la estructura del equipo de proyecto/construcción, que no podemos dejar de profundizar en ella, en sus tareas, competencias, habilidades, responsabilidades, etc.

Más adelante incluso, daremos unas pinceladas sobre qué formación debería recibir un técnico AEC que quisiera capacitarse para desempeñar el rol de BIM Manager.

Para ello nos vamos a basar en las indicaciones que da Mark Kiker en [www.bimmanager.com](http://www.bimmanager.com). Kiker habla de las competencias del BIM Manager desglosándolo según los aspectos o campos en los que va a actuar como tal, en los que va a tener responsabilidades. Esto es, en la propia gestión de la empresa o proyecto BIM, en los procesos, en los estándares, en los software y el soporte informático necesario, en la formación y entrenamiento de los miembros del equipo, pero también en lo que a marketing para promocionar el trabajo del equipo o empresa se refiere y en la relación con otras organizaciones públicas o no en las que apoyarse para su promoción y evolución. Kiker lo detalla así:

### Gestión

- Crear documentación escrita y resúmenes de la **evaluación** tecnológica del producto adquirido para su implementación de acuerdo con los objetivos de la empresa.
- **Liderar** el comité BIM.
- **Informar** a sus superiores de los avances o problemas del proceso de implementación.
- **Crear y actualizar las estrategias** para la implementación. Para ello analizar los flujos de trabajo establecidos, las estrategias, los presupuestos asignados, los proyectos, el personal, etc.; crear un Plan de Implementación BIM; asignar los roles, objetivos, metodología, etc.; vigilar la ejecución del plan, la correcta configuración del software, la creación de estándares, la enseñanza, el entrenamiento y los proyectos piloto educativos.

### Proyecto

- Crear el **Plan de BIM** para el proyecto.
- **Desarrollar las expectativas de progresión** del modelo BIM (nivel de detalle en función de las fases del desarrollo del mismo).
- Dar **soporte a la coordinación de los estándares** de proyecto con los clientes.
- **Asistir a los operarios** en los procesos de modelado y detallado.
- **Asistir al equipo** de proyecto en los ajustes de la aplicación BIM.
- Crear o **supervisar los nuevos contenidos** necesarios para el proyecto.
- Ayudar a **resolver las cuestiones de diseño** dentro del BIM.
- **Gestionar y distribuir los documentos** digitales a obtener del modelo BIM por el equipo de desarrollo del proyecto.
- **Coordinar las actualizaciones de hardware** necesarias.
- **Coordinar y actualizar todos los modelos** de los colaboradores o departamentos.
- **Planificar el desarrollo del modelo BIM** de acuerdo con las fechas de entrega de documentación, planos, mediciones, etc.
- Negociar y **planificar los flujos de trabajo**.
- **Mantener la integridad** de datos del modelo.
- Establecer los **privilegios** de edición y **bloqueo de la información**.
- **Componer la información de los modelos** de los colaboradores en uno único y coordinado.
- Coordinar, **realizar la detección de colisiones** en este modelo único y proponer soluciones.
- Llevar a cabo los **análisis y ensayos virtuales** necesarios.

### Procesos

- Ser el **enlace** entre los procesos BIM y la futura planificación para los posibles usos del BIM, el diseño sostenible, el planeamiento, los análisis visuales, el Facility Management, los presupuestos, la gestión de especificaciones, el Integrated Project Delivery, la creación de prototipos digitales, la fabricación digital, la modularización y la planificación de la construcción.

### Estándares

- Desarrollar el desarrollo, implementación y mejora de los **estándares** de la empresa.
- Proveer asistencia para la generación en papel o electrónica de **documentos** de construcción.
- Estandarizar y automatizar los **procesos** de la empresa para conseguir mayor productividad.
- Establecer los **mecanismos de control de calidad** de la documentación producida conforme a los estándares de la empresa.
- Ayudar al desarrollo y mejora de la **documentación** BIM y de los **flujos de trabajo** establecidos en la empresa.
- Entrenar y comprobar las **actividades de los operarios** para asegurar el seguimiento de los estándares establecidos en la creación de modelos BIM
- Ajustar y mejorar los **catálogos** de contenido de la empresa.

### Software

- Gestionar la **implementación** de la tecnología BIM y todas sus herramientas.
- Gestionar los **productos de software**, actualizaciones, revisiones, personalización.
- Evaluar las **novedades** de la tecnología implementada y del resto que de tecnologías que aparecen en el mercado relacionadas.
- Mantenerse informado de las **buenas costumbres** del uso de la tecnología adquirida.

### Soporte

- Proveer soporte en cuanto al **hardware y la red informática** en lo relativo a la producción con la tecnología BIM
- Proveer **soporte a los colaboradores** de nuestra empresa
- **Resolver los problemas** derivados del uso de esta tecnología sirviendo de **enlace con los proveedores** de aplicaciones (revendedores), de **enlace con el personal de soporte** tecnológico de la aplicación (consultores) y de **enlace con los desarrolladores de software** a medida y otros canales de soporte.

### Entrenamiento-formación

- Dar la **formación** (teoría) y **entrenamiento** (práctica) básicos al personal de la empresa
- **Impartir** la formación continua de la empresa
- Proporcionar **orientación técnica** a los nuevos empleados
- Mantener un **alto de nivel de competencia para usar el software** a través de la formación continua y el entrenamiento permanente
- Asistir a **conferencias, seminarios, y talleres** de trabajo sobre BIM, transmitiendo esa información a los grupos adecuados dentro de la empresa

### Marketing

- Realizar **publicaciones** web, documentos promocionales de la empresa, entrevistas, presentaciones a clientes del sistema BIM, de proyectos en particular.
- Proponer iniciativas y desarrollos BIM que mejoren la **imagen de la empresa**.
- Averiguar las **tendencias del desarrollo** de las aplicaciones BIM y las **oportunidades de negocio** con respecto a esta tecnología para la empresa.

### Organizaciones

- **Participar** en organizaciones locales, nacionales, o internacionales que fomenten

el desarrollo de esta tecnología, aportando sus descubrimientos, y aplicando en su empresa las últimas tendencias contrastadas por otro.

Aparte de todo esto, M. Kike también enumera una serie de cualificaciones y competencias transversales que a su entender debe tener un BIM Manager desde el punto de vista personal y como complemento a todo lo anterior y a la formación técnica que en la metodología y en la tecnología BIM haya podido adquirir:

- Más de cinco años de experiencia en la producción de diseños, documentos o ingeniería.
- Amplios conocimientos de trabajo en las versiones de software actuales, sobre todo en la producción de documentos de construcción.
- Fuertes habilidades de comunicación escrita y verbal.
- Cariz profesional.
- Habilidades para gestionar el tiempo de forma productiva, maximizar la eficiencia y resolver los retos del trabajo.
- Capacidad para asumir responsabilidades adicionales, así como determinar y gestionar las prioridades con una mínima ayuda.
- Excepcional ética del trabajo, y defensa de los valores de la empresa, así como exigencia del más alto nivel de conducta a sí mismo y al resto de los empleados.
- Experiencia suficiente en entornos ofimáticos, procesadores de texto, hojas de cálculo, programas de correo electrónico, aplicaciones web y bases de datos.
- Persona dinámica y habilidad para continuar con su formación sobre BIM.
- Habilidad para trabajar bien en entornos de trabajo compartidos con un equipo, así como individualmente.

Para concluir con su visión global de lo que debe ser un BIM Manager, el autor también

expone lo que cree que no debe hacer todo aquel que, cumpliendo lo anterior, pretenda desempeñar el rol de BIM Manager en toda su extensión y eficiencia. Piensa que no debe forzar el cambio, sino provocarlo y favorecerlo dentro de las posibilidades reales de su entorno; no debe dejar de promocionar la metodología tanto en su propia empresa y equipo como en su entorno próximo; no debe dejar de vigilar los avances de BIM en todas sus vertientes; no debe de cambiar el proceso de trabajo de la empresa sin objetivo claro y realista; y por último, no debe pretender controlarlo todo en el sentido de hacerlo todo él por encima de delegar en los demás.

Como resumen, solo queda añadir lo siguiente que el BIM Manager es un **gestor de información**, no del proyecto en sí mismo, para lo cual son necesarias habilidades de **gestión, liderazgo y comunicación**, además de tener conocimientos de **construcción, tecnología, normativas, planificación, estandarización, etc.**

#### 2.4.4. Relación LODs – Fases – Usos – Roles

Llegados a este punto hemos visto cómo la división del proyecto en **fases**, tal y como lo hemos hecho tradicionalmente será lo primero que se deberá hacer al plantearse un proyecto en BIM. Que, a continuación, será decisiva la identificación de **objetivos** claros y la identificación de los **usos** que por fase van a permitir alcanzar dichos objetivos. Que el modelo adecuado a cada uso tendrá en cada una de sus partes una determinada cantidad de información o **LOD**, y que esa información será de determinada calidad. Y ahora sabemos también quién puede hacer según de qué tarea se trate, es decir, los **roles** a desempeñar por cada agente.

Queda ahora establecer el marco de trabajo, las reglas del juego.

### 3. DOCUMENTOS BIM

Empezar a hacer BIM no es algo que se puede hacer de un día para otro, ni consiste exclusivamente en la compra de algunas aplicaciones de las calificadas como "herramientas BIM". Requiere de una planificación exhaustiva y diferente en función de si este objetivo se acomete como una persona aislada y de forma individual, que quiere aprender la metodología, para unirse posteriormente a un grupo de trabajo, o si somos ya un grupo de trabajo, que queremos aprender a hacer BIM, para posteriormente trabajar coordinados con otros grupos en una determinada construcción.

En el primer caso, cuando contemplamos el inicio de una persona de forma individual, es evidente que el primer paso será entender la metodología, y los siguientes aprender el manejo de aplicaciones informáticas que nos permitan desarrollarla. Por tanto, lo necesario es que esa persona reciba la formación adecuada a sus aspiraciones.

Existe una gran oferta de acciones de formación sobre BIM, completamente diferentes en cuanto a orientación, enfoque o duración. Según la experiencia de los redactores de este capítulo, ambos formadores, ni todo el mundo que vaya a trabajar dentro de la metodología necesita un Máster, ni es suficiente con un curso de 40 horas de manejo de herramientas.

Nuestro consejo, basado en la experiencia personal, para todos aquellos compañeros de profesión que quieran introducirse en el uso de esta metodología es que, después de realizar algún tipo de formación conceptual sobre la misma, como el curso que tiene como base esta guía, realice algunos cursos de corta duración orientados al aprendizaje y manejo de aplicaciones relacionadas con su

especialidad o disciplina. Una vez superados estos cursos, será necesaria la realización de alguno que le permita aprender a trabajar de forma colaborativa, coordinado con el resto de las personas del grupo de trabajo, ya que esta es la forma de trabajo habitual. Para terminar esa formación, se pueden realizar cursos más avanzados relacionados con esa disciplina o relacionadas.

Si nuestra aspiración es ser un técnico polivalente en cualquier disciplina (o usos del modelo), lo primero que tenemos que tener en cuenta es que antes de recibir esa formación BIM tenemos que tener conocimientos de las disciplinas, como tales, a gestionar. El número de cursos sueltos de corta duración a realizar es tan elevado, que aconsejamos buscar combinaciones de los mismos en cursos de media duración que estén bien estructurados. Esta combinación además suele aportar una ventaja económica interesante.

Si nuestra aspiración es llegar a ser la persona que dirige cómo se va a realizar el trabajo con metodología BIM, bien dentro de una empresa, o como grupo de empresas que trabajan de forma conjunta en la consecución de un proyecto gestionado mediante la misma, recomendamos estudiar las formaciones de larga duración, tipo Máster, con una duración superior a las 600 horas de clase y más de 900 horas de trabajo autónomo del alumno.

Además de esta formación, para llegar a ocupar este puesto con solvencia, como ya se ha indicado en el apartado de definición de roles, serán necesarias muchas horas de práctica real.

Siempre hemos considerado que el Arquitecto Técnico, por su variada formación curricular, y por la posición que suele ocupar dentro de las oficinas técnicas de redacción

de proyectos, o por su puesto habitual de organizador en las obras, es uno de los agentes del proceso edificatorio que tiene mejor base para llegar a ser un buen director de la metodología BIM en un grupo de trabajo. Evidentemente, a sus capacidades adquiridas durante la obtención de su titulación, y experiencia, deberá sumar habilidades sobre asuntos tecnológicos como ya se definió en ese rol.

En el segundo caso, cuando este inicio en la metodología BIM no se hace desde un punto de vista individual, sino que lo que se plantea es que un grupo de personas empiece a trabajar con ella, es obvio que, además de la formación de las mismas, tendremos que tener en cuenta otros aspectos que conviene planificar de forma detallada con antelación. Esta planificación se suele plasmar en un documento denominado Plan de Implementación BIM, cuya definición más detallada y contenidos pasamos a describir en los siguientes apartados.

En un tercer supuesto, cuando varios grupos ya formados para trabajar con la metodología BIM desean juntar sus esfuerzos para conseguir realizar un proyecto o idea de construcción, será necesaria la redacción de otro documento llamado Plan de Ejecución BIM, que defina y coordine todos esos esfuerzos y que definiremos en un apartado principal posterior.

### 3.1. Plan de Implementación BIM

#### 3.1.1. Definición

Un Plan de Implementación BIM (PIB) es un documento que define, planifica y valora todas las actividades que debe llevar a cabo una empresa, organismo, entidad, etc., incluyendo un listado de recursos necesarios, también la definición de herramientas de control de calidad adecuadas, un estudio de posibles

riesgos y las soluciones a aplicar, para trabajar de forma correcta y eficiente siguiendo la metodología de trabajo BIM.

En sí mismo, este plan no es más que la plasmación de un proyecto, entendido este como la voluntad de conseguir un objetivo, con unos medios limitados y en un plazo determinado. Este plan debe ser único, aunque no invariable. Deberá incluir mecanismos de control, para determinar si se han alcanzado los hitos programados en los plazos previstos, y un estudio detallado de riesgos, con soluciones a aplicar en el caso de que no se alcancen esos hitos.

Es conveniente que el redactor del plan sea alguien que conozca completamente las características, objetivos, procesos, medios, etc., del grupo de trabajo, y al mismo tiempo, que domine la metodología BIM y todos los requerimientos necesarios para ponerla en práctica. Si dentro del grupo no existe una persona con un perfil que satisfaga estas necesidades, es habitual solicitar la asistencia un consultor especializado o empresa externa.

El contenido de este plan será por tanto similar al de cualquier proyecto elaborado bajo la perspectiva del Project Management, y además de contar con una planificación detallada, podrá estar dividido en diferentes fases.

#### 3.1.2. Fases en la elaboración de un PIB

##### Fase inicial

Se recomienda comenzar con un análisis inicial (evaluación) del grupo de trabajo que aspira a utilizar esta metodología, que permita describir lo que caracteriza a ese grupo y lo hace diferente de otros similares, su actividad, detectando a todos los agentes que lo constituyen, a los externos que puedan estar relacionados, sus activos, procedimientos es-

tablecidos, sistemas de control, etc., y sobre todo sus objetivos por los que cambiar sus formas de producción. Este último puede ser un factor determinante para abandonar en este punto el proyecto, ya que la adhesión a esta metodología no trae beneficios inmediatos. Como todo cambio, lleva inherente una baja de la productividad que se podrá compensar a largo plazo.

### Segunda fase

El segundo paso, y basado en ese análisis inicial, sería la enumeración y estimación del coste de todas las acciones a acometer. Estas estarán siempre contempladas en **tres aspectos diferentes**, la adecuación del entorno, la formación del personal del grupo en la metodología, y su entrenamiento.

**La adecuación del entorno** tendrá en cuenta tres cuestiones muy importantes en todo proceso de generación de información. La primera de ellas será la creación y estandarización de procedimientos, para todos los procesos que realice el grupo, con instrucciones claras de trabajo, definiendo los sistemas de comunicación y muchos otros aspectos que regularán la forma de proceder de cada uno de los miembros en el desarrollo de sus funciones. El resultado de esta actuación será la creación de un libro de procedimientos único, cuya responsabilidad poder recaer en el BIM Manager o persona, o grupo de personas (dependiendo del tamaño del grupo completo), en quién este delegue. Si este Libro de Procedimientos en su totalidad, o en partes discretas ya existiese para el grupo, el trabajo consistiría en su adaptación a la nueva metodología, no produciendo un cambio disruptivo, como se ha expuesto anteriormente.

Otra cuestión a tener en cuenta dentro de la adaptación del entorno será la creación de un Libro de Estándares, que personalice y ho-

mogenice la producción del trabajo de este grupo. Se deberán definir desde sistemas de clasificación y nomenclatura a emplear, así como la estructura y funcionamiento previsto para el entorno de trabajo común, la estrategia de gestión de los modelos, incluso un libro de Estilos que consiga la definición de la identidad del producto final.

La tercera cuestión, si hacer BIM, en parte, es gestionar la información de las piezas de una construcción, consistirá en crear una biblioteca o catálogo de las piezas que se utilizan habitualmente, cuyas normas de creación y mantenimiento deberán estar recogidas en el libro de procedimientos anteriormente descrito y cuya cantidad de información y forma de contenerla sea acorde a lo establecido en el libro de estándares, evitando tener que crear desde cero, cada vez que el grupo se enfrenta a un nuevo proyecto, la definición de todas estas piezas.

**El aspecto de la formación** ya se ha comentado anteriormente en este documento, ahora solo se desea resaltar que una formación genérica para todo el grupo es solo conveniente en los momentos iniciales de la implementación y para temas que sean completamente transversales a los perfiles y roles a desempeñar de los integrantes del grupo.

La formación debe ser planificada para ser la adecuada a cada perfil y debería ser impartida por especialistas en cada una de las materias a tratar. Se puede comenzar al mismo tiempo que la adaptación del entorno, pero se tendrá que tener en cuenta que parte de esta formación debe ser particularizada al entorno planificado, por lo que no se podrá acabar antes que esa adaptación.

El último aspecto a tener en cuenta dentro de las acciones a planificar será **el entre-**

**namiento** de las personas que forman el grupo. Este entrenamiento se debe realizar tras haber adecuado el entorno y formado a los profesionales en los procedimientos que deben utilizar, por lo que no se podrá comenzar al mismo tiempo que estas otras cuestiones.

Se recomienda realizarlo sobre proyectos reales, pero que ya estén resueltos con la metodología tradicional anteriormente, por varios motivos. Uno puede ser la comparativa de ambas metodologías. Otro sería evitar la dispersión que puede producir el resolver al mismo tiempo la implementación de la metodología y los problemas que puedan surgir sobre la construcción a realizar, haciendo complicado determinar el nivel de afección a cada una de estas dos cuestiones. También se debería valorar el riesgo de enfrentarnos a un nuevo sistema de producción no dominado si tenemos fechas límites o hitos que cumplir.

### Tercera fase

Si se aprueban estas acciones y su estimación de coste, se debería realizar un estudio detallado de todo lo incluido en el análisis inicial, con la finalidad de realizar, en un siguiente paso, una descripción minuciosa y con un presupuesto detallado.

### Ejecución del Plan

Una vez aprobada esta segunda propuesta detallada y su presupuesto, comenzará la realización de esas acciones, siempre realizando los controles de calidad necesarios para verificar la utilidad de lo programado y la consecución de los objetivos.

En el caso de que aparezcan los problemas que estaban recogidos en el análisis de riesgos, se aplicarán las medidas correctoras previstas.

### 3.1.3. Consideraciones finales

Si no se consiguen los objetivos, o los problemas que aparecen no estaban recogidos en el análisis de riesgos, y por lo tanto no tenemos medidas correctoras previstas, es evidente que el plan no está funcionando y se debería abandonar, o ajustar a las circunstancias reales.

Es lógico intuir que la definición, ejecución y control de este Plan de Implementación BIM necesariamente tiene un coste para el grupo de trabajo. Y dentro de este coste no se debe tener en cuenta solo el posible valor de adquisición de nuevos equipos informáticos que fueran necesarios o el de las aplicaciones a correr sobre ellos. Se debe tener en cuenta que, muchas veces, el valor del coste de la formación y entrenamiento puede superar al anterior. También, como se avanzó anteriormente, que como consecuencia del cambio y del tiempo que los integrantes del grupo deben dedicar a su formación y entrenamiento, es posible que aparezca una reducción de la productividad. Todos estos costes deberían ser amortizados con el aumento de la productividad previsto a medio o largo plazo.

Esta necesidad de amortización de los costes sufridos como consecuencia del cambio de metodología no nos debe hacer caer en el error de que la metodología solo es aplicable a construcción de terminado tamaño. Será la cantidad de construcción, aunque éstas sean de pequeño tamaño, la que determinará cuando se superan estos costes y la merma de productividad para trabajar de una forma más eficiente.

### 3.2. Plan de Ejecución BIM

Partamos de la premisa de que, en cualquier proyecto de construcción, sea cual sea el tamaño de este, la cantidad de la información que generan e intercambian los agentes es

de tal tamaño que planificarla se vuelve imprescindible.

Ya hemos visto que, si esos agentes forman parte de la misma empresa, organismo, entidad, etc., lo primero que deberán hacer, es planificar de forma detallada y con antelación al inicio de cualquier proyecto BIM Y planificarán tanto la formación de los miembros del equipo según el rol que vayan a desempeñar como otros aspectos. Y hemos visto que esta planificación se debería plasmar en un documento denominado Plan de Implementación BIM de la organización

Si a esto añadimos que, en el desarrollo de un proyecto de construcción es más que frecuente, diríamos que casi inevitable, que concurren distintos equipos de trabajos que se unen para ese proyecto en concreto, la planificación se hace más necesaria todavía. En este caso el documento a generar es el Plan de Ejecución BIM (en adelante BEP) del proyecto.

### 3.2.1. Origen

Durante los últimos ha surgido mucha bibliografía sobre estas herramientas de planificación, aunque todas ellas tienen su origen en el documento "BIM Project Execution Planning Guide" de la Universidad de Pensilvania, (en adelante BPEPG) que a su vez tiene su origen, como se indicó anteriormente en una tesis doctoral defendida en esa universidad. Esta guía da lugar a lo que se ha dado en llamar el modelo americano, seguido tanto en los EEUU como en algunos países asiáticos.

Posteriormente aparecieron otras propuestas o documentos que desarrollaban una herramienta de planificación propia, y por último, el documento más reciente es el que desarrolla el llamado modelo británico. Nos referimos al PAS 1192-2 (2013).

En este apartado vamos a utilizar el modelo americano para detallar lo que es un Plan de Ejecución BIM y dar una visión general de los pasos a bordar para su elaboración.

### 3.2.2. Definición

Todos estos documentos que tratan sobre el Plan de Ejecución BIM empiezan por definirlo. Analizadas las definiciones que dan cada uno de ellos, se puede concluir que los términos que más se repiten en la mayoría de ellos son **roles y responsabilidades**.

El documento británico, por su parte, dice que *"...se trata de un documento que define cómo se llevará a cabo el modelado de información de un proyecto"*.

Y la definición que aporta el documento del "Department of Veteran Affairs" americano como las que aparecen en otras fuentes, añade a ese "cómo" que el BEP debe abordar también el **"cuándo, quién, a qué nivel y para que usos se utilizará BIM"**, definición que se ajusta a la línea que se está siguiendo en esta Guía.

Otros conceptos o aspectos de la metodología que aparecen en las distintas definiciones son **supervisión, control, alcance, tareas, procesos, intercambios de información, infraestructura necesaria**, etc.

Como recopilatorio de estas definiciones se podría decir que el BEP es el documento principal de un proyecto BIM cuyo objetivo es organizar y gestionar los procesos llevados a cabo con BIM que forman parte de un proyecto de construcción. Con respecto a las personas, es el documento maestro que se encarga de coordinar a todos los intervinientes en el proyecto, reduciendo los posibles conflictos.

### 3.2.3. La responsabilidad de la elaboración del BEP

El modelo americano, que estamos utilizando como base para hablar del BEP, plantea que dicho documento debe ser elaborado por un equipo que se definirá en las fases iniciales del proyecto, y que debería tener representantes de las principales organizaciones que van a intervenir, desde el promotor al facility manager, pasando lógicamente por el equipo de diseño, el de las ingenierías y el de construcción (o los equipos de cada disciplina si hay más de uno).

Parece claro que este planteamiento del modelo americano responde claramente a la modalidad de contratación integrada de proyecto. La BPEPG incluso defiende que el IPD, e incluso la modalidad diseño-construcción (DB), integradora también, pero con menor alcance que el IPD, permiten obtener mejores resultados derivados de la implementación de la metodología BIM.

Sin embargo, estas modalidades integradoras de contratación son más habituales en EEUU, pero no tanto en Europa. Y en nuestro país casi inexistente, sobre todo en lo que a contratación de obra pública se refiere. Por tanto, hemos de concluir con que la composición del equipo que haya de redactar el BEP para un proyecto de construcción va a depender en gran medida de la modalidad de contratación. Y lo mismo va a ocurrir con la propia elaboración del documento. Pero no con su estructura ni con su contenido, ambos invariables e independientes de modelo de contratación.

La propia guía de Pensilvania viene, de alguna manera, a solucionar el problema de designar quién debe elaborar el BEP en proyectos en los que no se va a hacer una contratación integrada: recomienda casi para cualquier caso la designación de una per-

sona que elabore el BEP, proponiendo para ello a cualquier persona que pertenezca una de las organizaciones que vayan a intervenir en el proyecto si ya hay alguna conocida, el propio promotor, o un tercero en su nombre si aquel no tuviera la suficiente experiencia para hacerlo.

En estos casos en los que efectivamente se designe al redactor del BEP previamente a la contratación de las organizaciones intervinientes, en el BEP se deberán definir los roles y las responsabilidades de aquellas organizaciones que aún no hayan sido elegidas.

### 3.2.4. Pasos en la elaboración de un BEP

La BPEPG plantea que el proceso de desarrollo de un BEP debe contar con 4 pasos fundamentales, y que se ajustan a la idea de división del proyecto en fases, establecimiento de objetivos, e identificación de usos adecuados para conseguirlos.

Los pasos son los siguientes:

#### Identificar los objetivos y usos BIM

Consiste en definir qué objetivos se pretenden alcanzar en cada fase del proyecto, para después especificar que usos BIM permiten alcanzarlos. Algunos objetivos pueden relacionarse con un único uso, mientras que otros, necesitarán de varios

Asimismo, se deberá identificar el valor que aportan los distintos usos del BIM durante las etapas de, diseño, construcción y operaciones. Será conveniente además describir los usos BIM que aparezcan en el BEP para aquellos miembros del proyecto que no están familiarizados con algunos de ellos. Como mínimo a la descripción debería acompañar el valor que aporta al proyecto, los recursos necesarios y las competencias necesarias del equipo que se encargue del mismo.

### Diseñar el proceso de ejecución BIM

Lo siguiente será especificar la relación entre los usos BIM y los procesos o actividades que los definen. Estos procesos son necesarios para entender la mecánica de trabajo BIM y para poder identificar los intercambios de información. Además, los flujos de trabajo también servirán para identificar otros requisitos importantes para la implementación, por ejemplo, los criterios de selección de equipos futuros y la infraestructura tecnológica necesaria, etc.

El procedimiento para documentar estos procesos es crear mapas de procesos (o mapeados) que definan tanto las relaciones entre los distintos usos BIM como los propios usos en profundidad.

### Definir la forma de intercambio de información y los entregables

Un uso BIM no es un trabajo aislado, es un trabajo que estará relacionado con otros realizados previamente y con otros que sucederán a continuación. Esto significa que debe haber una colaboración entre las distintas organizaciones, de manera que la información que se obtiene de un uso BIM tiene que permitir realizar el siguiente. En el caso de que no exista suficiente información, necesariamente deberá estar definido quién es el encargado de aportarla.

Es imprescindible estudiar la información necesaria para desarrollar cada uso BIM, y analizar si la información proveniente del uso BIM anterior es la necesaria o falta información.

### Desarrollar la infraestructura necesaria para la implementación

Definidos los usos BIM para el proyecto, realizados los mapas de procesos y definidos los entregables de proyecto, el equipo tiene que definir la infraestructura necesaria para soportar los procesos planificados. Esto incluye

la definición de la estructura de contratos, la definición de los procedimientos de comunicación, la tecnología necesaria y la identificación de los procedimientos de control de calidad para asegurar la calidad de los modelos de información.

Con todo ello, la BPEPG establece que la estructura de un BEP debería seguir esta secuencia.

1. Visión general del plan de ejecución del proyecto BIM
6. Información de proyecto
7. Contactos clave de proyecto
8. Objetivos de proyecto y usos BIM (Paso 1)
9. Perfiles de la organización y personal
10. Diseño del proceso BIM (Paso 2)
11. Intercambios de información BIM (Paso 3)
12. BIM y los requisitos de información para Facilities
13. Procedimientos de colaboración
14. Control de calidad
15. Infraestructura tecnológica necesaria
16. Estructura de modelo
17. Entregables de modelo
18. Estrategia de entregas o contratos

Añadir que el contenido de cada una de las 14 categorías que la PBEPG propone no es estándar y variará según el proyecto. También decir que otros modelos vienen a coincidir con ella en los pasos, en los cuatro pasos necesarios para la elaboración de un BEP. Pero, por otro lado, proponen otras estructuras, con distinto número de categorías, en función del modelo de contratación, etc.

### 3.3. Tecnología BIM

La idea de gestionar toda la información de las piezas o partes de un proyecto de construcción, de forma integrada, no se podría haber llevado a cabo si no se hubiese dado un crecimiento exponencial en la evolución de las Tecnologías de la Información.

La ley de Moore expresa que aproximadamente cada dos años se duplica el número de transistores de un microprocesador, lo que ha posibilitado que la potencia de un teléfono inteligente, de los que habitualmente llevamos con nosotros todo el día, supere con creces la de máquinas que, no hace tanto tiempo, ocupaban habitaciones enteras.

Esto ha permitido que, no solo se automatizen y digitalicen procesos de dibujo asistido por ordenador (cad), sino que también se generalice el uso del diseño asistido (CAD) o la fabricación digital (CAM).

La industria de la construcción, aunque con un cierto retraso sobre otras, está implementando la digitalización, en todos sus procesos, así como la fabricación industrial, y esto ha sido posible, además de por la revolución tecnológica mentada, gracias al desarrollo de metodologías como el BIM.

Para hacer BIM, es imprescindible saber usar diferentes máquinas y aplicaciones informáticas. En este momento será importante recordar conceptos que ya se han expuesto en esta guía, como el de que el uso de esas máquinas o aplicaciones, por sí mismo, no implica que se esté haciendo BIM.

También hay que destacar que lo importante es entender las características de la metodología, sus múltiples procesos y que, como no todos los agentes intervenimos en todos ellos, no es imprescindible dominar todas las aplicaciones.

El perfil principal de esta guía, el Arquitecto Técnico, solo necesitará aprender a manejar aquellas que le ayuden a desarrollar sus funciones, y ejemplos de estas va a encontrar en los capítulos siguientes dedicados a diferentes temas que las describen.

En este apartado, con fines orientativos, se van a exponer los tipos de aplicaciones que pueden ayudar a hacer BIM, sin pretensiones de nombrar todas las tipologías o hacer un estudio exhaustivo de todos los fabricantes. También se citarán las máquinas que pueden ser útiles para esta finalidad,

### 3.3.1. Tipos de software

#### Modeladores

Pertenece a este tipo de aplicaciones todas aquellas que son capaces de crear información, gestionarla y almacenarla para su posterior uso. Existen diferentes marcas comerciales que se dedican a su programación y comercialización. Su principal misión es el diseño aunque pueden tener muchas otras capacidades.

Deberán aprender a manejarlas todos los técnicos que definan información o quieran colaborar con aquellos que realicen estos procesos.

Hay algunas capaces de gestionar la información de todas las disciplinas de la construcción y otras específicas de una determinada de ellas. (Figura 11).

#### Gestores de información

A diferencia de las anteriores, no generan nueva información para el proyecto desde cero, sino que lo hacen a base de gestionar la que ya está incluida en un modelo para llevar a cabo tareas diferentes al diseño.

Será importante su conocimiento para aquellos que intervengan en el proceso constructivo en el momento de la construcción propiamente dicha.

#### Control de cantidades y costes

Aunque la gestión de las cantidades de los elementos que forman parte del modelo se

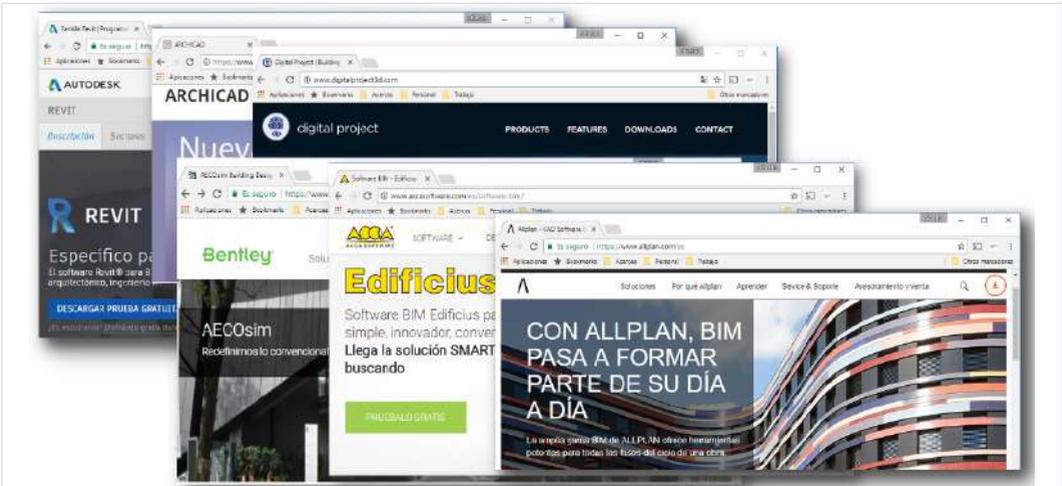


Figura 11. Ejemplos de aplicaciones de modelado. Elaboración propia

puede resolver con los dos tipos de aplicaciones anteriores, cuando hablamos de valoraciones, se suele recurrir a otro tipo de aplicaciones especializadas en este aspecto económico.

Ya se ha descrito en esta guía que lo ideal sería llegar al nivel de integración previsto, por ejemplo, en la definición del Level 3 británico.

Mientras esto llega, han aparecido multitud de aplicaciones que son capaces de extraer la información necesaria para realizar las mediciones y el presupuesto de un proyecto, con determinados criterios y trasladar toda esa información a las aplicaciones especializadas mencionadas.

En el capítulo 4 de esta guía se hará mención a varias de ellas. (Figura 12).



Figura 12. Ejemplos de aplicaciones de mediciones y presupuestos. Elaboración propia.

### Planificadores

Son aplicaciones capaces de entender todas las piezas o partes en las que se ha dividido una construcción y relacionarlas con, o establecer, una planificación de ejecución de las mismas. Varias de estas serán descritas en el capítulo destinado a esta temática, dentro de esta guía.

### Gestores de activos materiales

Aunque existen muchos otros tipos de aplicaciones informáticas capaces de participar en las fases de diseño y construcción que no se han incluido, por no ser este un estudio exhaustivo de todos los tipos de aplicaciones, se ha querido dejar constancia con esta tipología de que también existen aplicaciones destinadas a la gestión de activos ya construidos. Se trata de aquellas aplicaciones que son capaces de automatizar la Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO) o de proporcionar todos los datos de partida, desde un modelo BIM, que un sistema GMAO necesita.

### Visores

De todas las tipologías de programas citadas, estos son los sin duda aprenderán a manejar

mayor número de técnicos. Su misión es acceder a un modelo o base de datos que esté configurada con una determinada estructura y mostrar de forma visual (gráfico o listado) la información contenida en él.

Los hay de todo tipo, de pago y gratuitos, que entiendes más o menos formatos incluso algunos que son capaces de realizar pequeñas gestiones con esa información para mostrarla de una forma determinada. (Figura 13).

#### 3.3.2. Tipos de hardware

La máquina que, por su ergonomía, potencia y prestaciones, mejor servirá para introducir información sobre las piezas de una construcción en una base de datos, será el ordenador de sobremesa. Siempre será el interfaz más práctico para introducir grandes cantidades de información en los modelos, recomendando que esté dotado de buenos periféricos, como pantallas de alta resolución y otros periféricos de entrada de datos especializados.

Pero no olvidemos algunas características de la metodología, que recomendaban que el contenido de datos estuviese disponible para todos

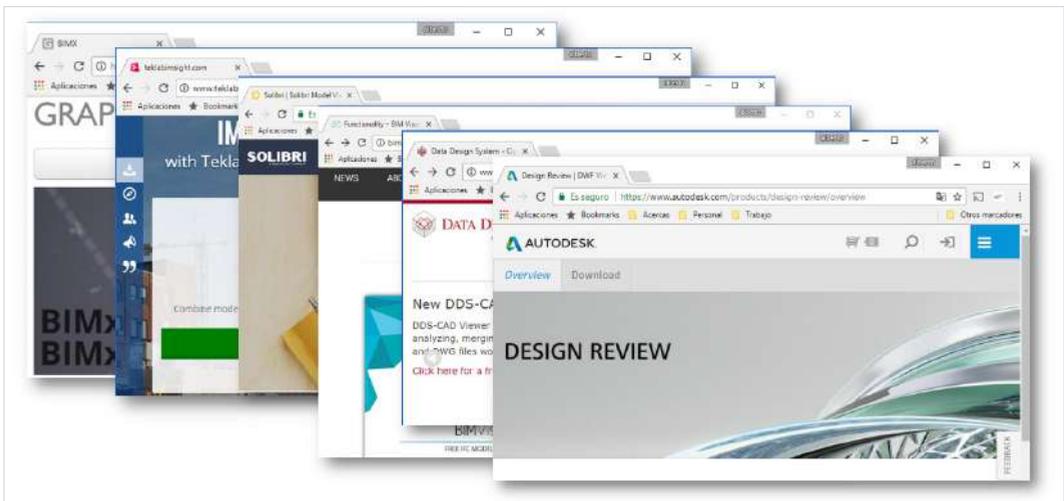


Figura 13. Ejemplos de visores. Elaboración propia

los agentes en todo momento, luego su lugar ideal de residencia es en la nube, o que es imprescindible devolver el resultado de toda la información gestionada a ese contenedor, lo que requiere que este aporte de datos se pueda hacer también con herramientas más portables.

La potencia de los ordenadores portátiles hoy en día ha crecido tanto que se ha equiparado a los de sobremesa, aunque casi siempre a un precio superior. No olvidemos tampoco que parte de la incorporación de la información la vamos a tener que realizar desde la propia obra. Es por lo que el uso estas máquinas cada vez se ha ido generalizando más para la aportación de información desde cualquier parte o incluso como sustitutos de los primeros.

No obstante, si lo que de verdad se busca es portabilidad, incluso desde tabletas digitales es posible la aportación de información, siempre que esta aportación se reduzca solo a la aportación de valores de propiedades o imágenes fotográficas, ya que resulta difícil el modelado, entendido éste como la definición geométrica, de sus propiedades y de relaciones de las citadas piezas con otras.

Incluso si esta aportación de información consistiese en la mera consulta de imágenes o la introducción de valores tan sencillos como si o no, esta información se podría realizar desde cualquier teléfono inteligente que pudiese transmitir esa información al contenedor. En un futuro muy próximo, ya se ha podido experimentar aunque no esté generalizado, podremos consultar nuestra información y aportar estos sencillos datos, haciendo uso y gestos con las manos, delante de unas gafas de realidad aumentada.

## BIBLIOGRAFÍA

- Eastman, Charles (1975). "The use of computers instead of drawings in building design". *AIA Journal* .63.
- DIRECTIVA 2014/24/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública.
- Deutsch, Randy (2018). *BIM and Integrated Design*.
- Jernigan, Finith E. 2007. *Big BIM, Little BIM: The Practical Approach to Building Information Modeling: Integrated Practice Done the Right Way!*
- PAS 1192-2:2013: *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*.
- Gobierno de España. Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- Gobierno de España. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- American Institute of Architects, (AIA), 2008. Document E202TM - 2008 Building Information Modeling Protocol Exhibit.
- American Institute of Architects, (AIA), 2013. Document G202TM-2013, Project Building Information Modeling Protocol Form.
- Messner, John & Anumba, Chimay & Dubler, Craig & Goodman, Shane & Kasprzak, Colleen & Kreider, Ralph & Leicht, Robert & Saluja, Chitwan & Zikic, Nevena. (2011). *BIM Project Execution Planning Guide*.
- Comisión es.BIM. GT2 Personas. 2017. *Definición de roles en procesos BIM*.



# CAPÍTULO 2

## LICITACIONES CON BIM

Sergio Muñoz Gómez

A pesar de que BIM no es un requisito obligatorio en licitaciones públicas de obras, proyectos y servicios relacionados, es una realidad que cada vez son más las licitaciones que incorporan requisitos relacionados con el uso de la metodología BIM.

Esto, se ha convertido en un elemento diferencial a la hora de la valoración técnica de las diferentes ofertas, y es por ello por lo que en este capítulo se va a analizar cómo los diferentes Organismos Públicos están requiriendo BIM en sus licitaciones, bajo qué marco legal y normativo y de qué forma BIM está siendo implantado en estos Organismos.

## 1. MARCO LEGAL Y NORMATIVO

A pesar de que, en octubre de 2017, el Ministro de Fomento en el cargo, D. Íñigo de la Serna, anunció que la metodología BIM sería obligatoria en licitaciones públicas de edificación a partir del 1 de enero de 2019, y de infraestructuras a partir de 1 de enero de 2020, la realidad es que no existe ninguna Ley (a excepción del Decreto de Gobierno de la Generalitat de Catalunya de 11 de diciembre de 2018 de aplicación en dicha Comunidad Autónoma) que implique dicha obligatoriedad.

Si bien, sí que existen diferentes leyes y normas que hacen referencia a la metodología BIM y que en cierto modo son la base para

permitir su inclusión en licitaciones públicas, tanto en el pliego de cláusulas particulares como en el pliego de prescripciones técnicas, ya sea como criterio de adjudicación, como mejora o como condición de ejecución.

### 1.1. Legislación vigente en España relacionada con BIM

Es conocida la legislación vigente que está vinculada a los proyectos y obras de construcción, tales como:

- Regulación de las atribuciones profesionales de los Arquitectos e Ingenieros Técnicos, en la Ley 12/1986 de 1 de abril y su posterior modificación con la Ley 33/1992 de 9 de diciembre.
- La Ley de Ordenación de la Edificación, LOE, Ley 38/1999 de 5 de noviembre.
- El Código Técnico de la Edificación, CTE, del Real Decreto 314/2016 de 17 de marzo y su posterior modificación del Real Decreto 732/2019 de 20 de diciembre.

Ninguna de estas leyes o decretos hacen mención a BIM, y es desde la Unión Europea, a través de la Directiva de Contratación Pública 2014/24/UE de 26 de febrero de 2014, cuando se menciona la posibilidad de incluir BIM en los procedimientos de licitación.

Dicha directiva, es incorporada a la legislación española a través de la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público, de 8 de noviembre de 2017.

Finalmente, cabe mencionar también la Resolución TES/188/2019, de 21 de enero, por la que se da publicidad al Acuerdo de Gobierno de la Generalitat de Catalunya de 11 de diciembre de 2018 por el que se determinan los contratos en que se debe aplicar la metodología BIM y la forma y las condiciones para hacerlo.

### 1.1.1. Ley de Contratos del Sector Público

La Directiva Europea 2014/24/UE sobre Contratación Pública insta a los estados miembros de la Unión Europea a modernizar y mejorar los procesos de contratación pública mediante el uso de tecnología, así como introduce un elemento importante a tener en cuenta en los criterios de adjudicación, que es el cálculo del coste a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio o infraestructura

Ambos aspectos, sin mencionarlo de forma explícita, hacen referencia a la metodología BIM.

La trasposición de esta directiva, a través de la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público, reafirma estas posiciones.

Para ello, en el apartado 6 de su Disposición adicional decimoquinta, titulada «Normas relativas a los medios de comunicación utilizables en los procedimientos regulados en esta Ley», 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.”*

Además, la directiva introduce, tal y como se indica en el Artículo 145 “La adjudica-

ción de los contratos se realizará utilizando una pluralidad de criterios de adjudicación en base a la mejor relación calidad-precio. Previa justificación en el expediente, los contratos se podrán adjudicar con arreglo a criterios basados en un planteamiento que atienda a la mejor relación coste-eficacia, sobre la base del precio o coste, como el cálculo del coste del ciclo de vida con arreglo al artículo”.

En este mismo artículo se promueve además la calidad frente al precio “los criterios relacionados con la calidad deberán representar, al menos, el 51 por ciento de la puntuación asignable en la valoración de las ofertas”.

Por tanto, la Ley de Contratos del Sector Público 9/2017 **permite, pero no obliga**, que los Organismos Públicos requieran el uso de BIM en licitaciones públicas, ya que, tal y como define la norma UNE-EN ISO 19650-1, BIM sirve de base confiable para la toma de decisiones en los procesos de diseño, construcción y operación de un edificio o infraestructura.

### 1.1.2. Acuerdo del Gobierno de Cataluña para la aplicación de BIM

A partir de la experiencia acumulada en el uso de BIM por diferentes organismos públicos catalanes desde el año 2013, como Infraestructuras de la Generalitat de Catalunya o el Área Metropolitana de Barcelona, el Govern de Catalunya acuerda requerir de forma obligatoria el uso de BIM a partir del 11 de junio de 2019.

Para ello, se publica el Acuerdo de Gobierno de 11 de diciembre de 2018 por el que se determinan los contratos en que se debe aplicar la metodología BIM y la forma y las condiciones para hacerlo. Este Acuerdo establece un periodo transitorio de 6 meses para facilitar la

adaptación tanto a licitadores como al sector, y 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.

El Acuerdo, hace referencia a “contratos relativos o vinculados con el ciclo integral de la obra, que comprende desde la fase de diseño y proyecto de un edificio o construcción hasta la etapa de fin de vida, pasando por la ejecución de las obras y su explotación.”

El Acuerdo, indica en su primer apartado que *“La metodología de trabajo Building Information Modelling (BIM) se debe aplicar de forma obligatoria a todos los contratos de obra civil y de edificación, de concesión de obras y de concursos de proyectos, que tienen por objeto obras de primer establecimiento, rehabilitación o restauración, promovidos por la Administración de la Generalidad de Cataluña y su sector público que tengan un valor estimado igual o superior al establecido por los contratos sujetos a regulación armonizada, según la legislación de contratos del sector público, y se extiende a todos los contratos relativos o vinculados a las obras a que se refieren estos contratos.”*

*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.”*

En la práctica, **desde el 11 de junio de 2019 BIM es obligatorio para aquellos contratos promovidos desde la Generalitat de Catalunya con un presupuesto mínimo de 5,5**

**millones de euros para las obras y concesiones de obras públicas, y de 221.000 € para los contratos de suministro y de servicios.**

Si bien, estos umbrales mínimos pueden 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.”

En cualquier caso, el Acuerdo indica también que *“a partir de enero de 2021 se ampliará el ámbito de aplicación”* del mismo.

Otro de los aspectos a destacar en este Acuerdo es el de indicar que el uso de la metodología BIM no debe suponer discriminación para los licitadores, por lo que insta a utilizar el formato abierto IFC como formato de entrega del modelo BIM.

Finalmente, el Acuerdo indica que se debe entregar una copia de los modelos BIM as-built al Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña, ICGC, el cual los utilizará para actualizar las bases de geoinformación de Cataluña.

## 1.2. Normas y estándares BIM

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

La legislación (Ley 21/1992) define norma como *“la especificación técnica de aplicación repetitiva o continuada cuya observancia no es obligatoria, establecida con participación de todas las partes interesadas, que aprueba un Organismo reconocido, a nivel nacional o internacional, por su actividad normativa.”*

A nivel nacional, UNE es la entidad reconocida en España como organismo nacional de normalización (RD 2200/1995 y Reglamento UE 1025/2012). Asimismo, UNE es el representante español ante las organizaciones de normalización internacionales ISO e IEC y europeas CEN y CENELEC. Como tal, participa activamente en los comités de normalización internacionales que aparecen mencionados en este documento.

Las normas se elaboran por los organismos de normalización (en el caso de España, UNE), a través de Comités Técnicos de Normalización (CTN), en los que participa una representación equilibrada de todas aquellas entidades que tienen interés en la normalización de un tema en concreto, lo que garantiza la transparencia, apertura y consenso en su trabajo. El proceso de elaboración de una norma está sometido a una serie de fases que permiten asegurar que el documento final es fruto del consenso, y que cualquier persona, aunque no pertenezca al órgano de trabajo que la elabora, pueda emitir sus opiniones o comentarios. (Figura1).

Las normas son el lenguaje común de la industria. En el caso específico del BIM, en el entorno de máxima internacionalización en el que se encuentra el sector de la construcción española, la normalización es estratégica para optimizar recursos y poder tener una base común entre los distintos interlocutores implicados en la gestión de los proyectos.

Hay que tener en cuenta que el uso de la metodología BIM afecta a todos los actores que participan en un proyecto durante todo su ciclo de vida, de ahí la importancia que tiene poner de acuerdo a estos actores.

El informe de febrero de 2018 del World Economic Forum, An Action Plan to Accelerate Building Information Modeling (BIM) Adoption ([www3.weforum.org](http://www3.weforum.org)), indica claramente que, "para mejorar su productividad, la industria de la infraestructura y el desarrollo urbano (IU) debe acelerar la adopción del BIM, siendo esta etapa crítica para la transformación de la industria". Este mismo informe destaca como uno de los pilares necesarios para la implementación del BIM la existencia



Figura 1.  
Organismos de Normalización.  
Fuente: UNE

de estándares globales para la generación y compartición de datos, recomendando el desarrollo de normas que mejoren la eficiencia e interoperabilidad, desarrolladas desde los mismos sectores.

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).

Actualmente, los principales órganos técnicos de normalización que desarrollan documentos sobre BIM son los siguientes:

- **Ámbito internacional:** ISO/TC 59/SC 16, Edificación y obra civil. Organización de la información de los trabajos de construcción.
- **Ámbito europeo:** CEN/TC 442, Building Information Modelling.
- **Ámbito nacional:** UNE/CTN 41/SC 13, Organización de modelos de información relativos a la edificación y la obra civil.

Si bien, hay que destacar que existen otros Organismos que publican Guías o recomendaciones relacionadas con los tres ámbitos

citados anteriormente, en algunos casos para que sean utilizadas en sus propios proyectos, como es el caso de la Generalitat de Catalunya o Puertos del Estado.

### 1.2.1. Normas UNE sobre BIM

En marzo de 2011 se creó en UNE el Subcomité CTN 41/SC 13, Organización de modelos de información relativos a la edificación y la obra civil. Este órgano técnico representa al sector español en Europa (CEN/TC 442) y a nivel internacional (ISO/TC 59/SC 13).

Entre las diferentes normas UNE publicadas sobre BIM, cabe destacar las siguientes:

1. UNE-EN ISO 16739:2016, IFC (Industry Foundation Classes) para el intercambio de datos en los sectores de la de construcción y de la gestión de inmuebles. IFC es un formato de datos abierto, desarrollado por la asociación buildingSMART, que permite intercambiar la información del Modelo BIM entre diferentes aplicaciones SW. Actualmente, más de 200 aplicaciones SW pueden importar y/o exportar en el formato IFC, y existen además multitud de visualizadores gratuitos de ficheros IFC. buildingSMART Spain ha realizado una traducción al español ([www.buildingsmart.es\(1\)](http://www.buildingsmart.es(1))) de los elementos IFC más relevantes.
2. UNE-EN ISO 19650:2019, Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM. Se trata de un conjunto de normas, de las que actualmente están publicadas las partes 1 y 2:
  - UNE-EN ISO 19650:2019, Parte 1. Conceptos y Principios.
  - UNE-EN ISO 19650:2019, Parte 2. Fase de desarrollos de los activos.

Este conjunto de normas define los procesos de definición de requisitos, producción, gestión, uso y entrega de la información a lo largo de la fase de entrega de activos (Parte 2) y de Operación y Mantenimiento (Parte 3 pendiente de ser publicada).

Desde buildingSMART Spain se ha elaborado una guía de Introducción a las normas UNE-EN ISO 19650 Partes 1 y 2 ([www.buildingsmart.es](http://www.buildingsmart.es)) en la que se explican los principales conceptos de estas normas y se realiza una propuesta de adaptación al contexto del sector de la construcción en España. (Figura2)

**1.2.2. Guías publicadas por la Comisión es.BIM**

El 14 de julio de 2015, la Ministra de Fomento D<sup>a</sup> Ana Pastor preside la reunión de constitución de la Comisión es.BIM. Dicha comisión es presidida por el Subsecretario de Fomento, D. Mario Garcés, y coordinada por la ingeniería pública INECO, representada por su

presidente, D. Jesús Silva, y por el secretario de la Comisión, D. Jorge Torrico.

La Comisión es.BIM, que está compuesta por diferentes agentes y organizaciones pertenecientes, tanto al sector público como al privado, desarrolla una serie de acciones entre las que están la elaboración de guías y recomendaciones.

En la actualidad, las Guías publicadas por la Comisión es.BIM son las siguientes:

- **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 y describe los diferentes apartados que lo conforman. Además, incluye una plantilla que puede servir de base para el sector.
- **Guía de uso de los modelos para gestión de costes en proyectos de edificación.** Se trata de una guía en la que se analiza el uso del modelo BIM para la gestión de costes

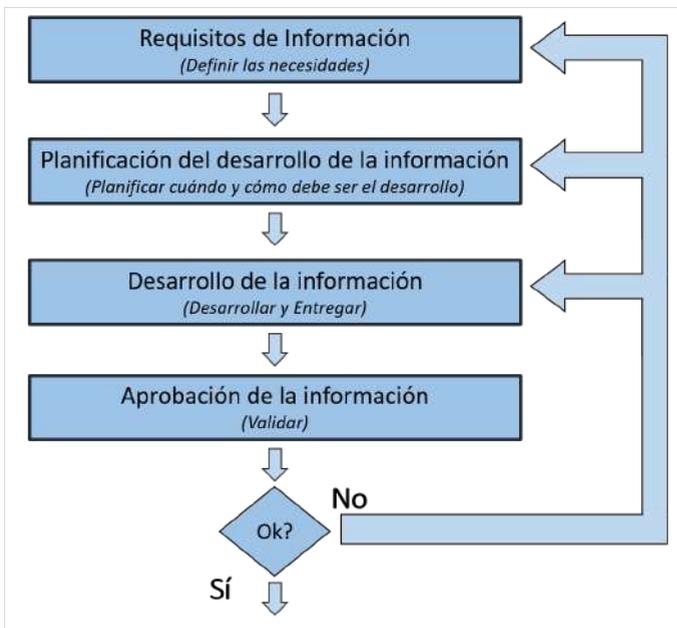


Figura 2. Esquema general del desarrollo de información según EN-ISO 19650-. Fuente: buildingSMART Spain.

en proyectos de edificación. La guía establece una serie de requisitos del modelo desde el punto de vista de las mediciones y define los procedimientos para realizar la extracción de mediciones y poder llevar a cabo su trazabilidad.

- **Guía de modelado de arquitectura en proyectos de edificación.** Se trata de una guía en la que se analiza 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, unidades, la organización y la clasificación de la información, o el contenido mínimo del modelo en cada una de las fases del proyecto.

### 1.2.3. Guía y Manual BIM de la Generalitat de Catalunya.

Como se comentaba anteriormente, a finales del año 2018 el Govern de la Generalitat de Catalunya fijó un mandato claro para la generalización del uso de la metodología BIM en todas las actuaciones de edificación o infraestructura que se impulsaran por parte del sector público.

Para facilitar este proceso, la Generalitat de Catalunya ha publicado dos documentos ([territori.gencat.cat](http://territori.gencat.cat)) que sirven de referencia en todas las licitaciones públicas que incluyen el uso de BIM entre sus requisitos.

- **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.
- **Manual de BIM de la Generalitat de Catalunya.** Es un documento que “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 describen tanto los Procesos de Producción, Uso y Entrega de los Modelos BIM, los Usos BIM o las Especificaciones de dichos Modelos (terminología, nivel de desarrollo, etc.) y de los entregables.

Este Manual, sirve de base y referencia para todas las licitaciones públicas de la Generalitat de Catalunya que contienen requisitos BIM. (Figura 3).

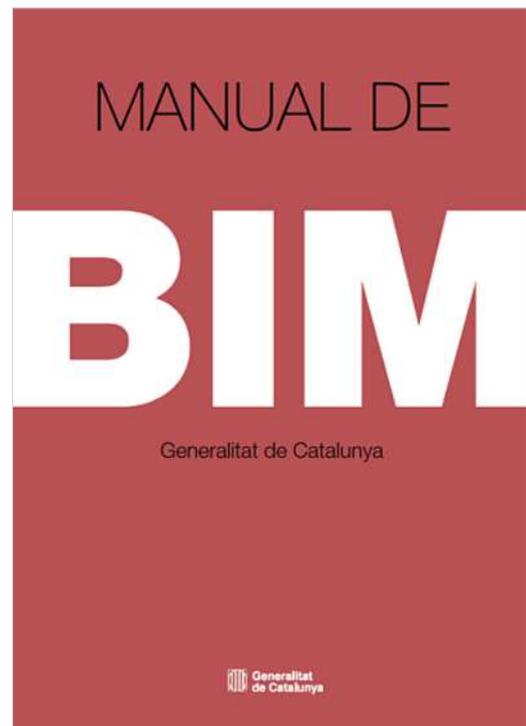


Figura 3. Manual de BIM de la Generalitat de Catalunya. Fuente Generalitat de Catalunya.

## 2. IMPLEMENTACIÓN BIM EN LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS DE ESPAÑA

Para que las administraciones públicas (AAPP) requieran el uso de BIM en sus proyectos u obras es necesario, o al menos recomendable, que dichas organizaciones tengan BIM implementado. De este modo, podrán:

- Establecer de forma clara sus objetivos BIM para cada proyecto.
- Auditar y controlar el trabajo de sus proveedores.
- Recibir y almacenar los modelos BIM en un Entorno Común de Datos.

La implementación BIM en cualquier organización supone llevar a cabo una serie de acciones que podemos situar en diferentes fases:

1. Definición de los objetivos de adopción BIM (intermedios y finales).
2. Evaluación de las capacidades actuales de la organización, tanto humanas como tecnológicas.
3. Definición del plan de implementación BIM.
4. Desarrollo y monitorización del plan de implementación BIM.

Sin embargo, es conocido que una administración pública tiene una serie de singularidades que hay que tener en consideración a la hora de llevar a cabo la implementación BIM y de requerir el uso de BIM en sus proyectos y obras.

Eso implica, por ejemplo, que un organismo público no puede obligar a sus proveedores a utilizar BIM a no ser que ese hecho no suponga una distorsión en el mercado, es decir, a que haya cierto nivel de madurez. En la misma línea, los organismos públicos no pueden restringir qué herramientas deben utilizar sus proveedores, sino que deben favorecer el uso de formatos abiertos estandarizados.

Es por esto por lo que para poder implementar BIM en un organismo público en España es necesario además tener en cuenta el marco legal vigente que afecta a las administraciones públicas.

Cabe destacar, que a finales de 2018, el Consejo de Ministros del Gobierno de España aprobó un Real Decreto por el que se crea la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM (Building Information Modelling 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.

A la espera de que esta comisión dé sus primeros pasos, otras AAPP han iniciado el proceso de implementación BIM.

### 2.1. Recomendaciones para implementar BIM en las AAPP

Como es conocido, existe una gran variedad de organismos públicos en función, por ejemplo, del nivel de administración (nacional, regional o local) o de la tipología de proyectos (edificación y/o infraestructuras).

Esto supone que no exista una única receta para implementar BIM que sirva para todos los organismos públicos, por lo que en esta guía proponemos tomar como referencia una serie de recomendaciones que sirva de base para ser adaptadas a cada organismo público conforme a sus necesidades y capacidades actuales.

#### 2.1.1. Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo

Durante los últimos años, diferentes países de la Unión Europea han visto en BIM una

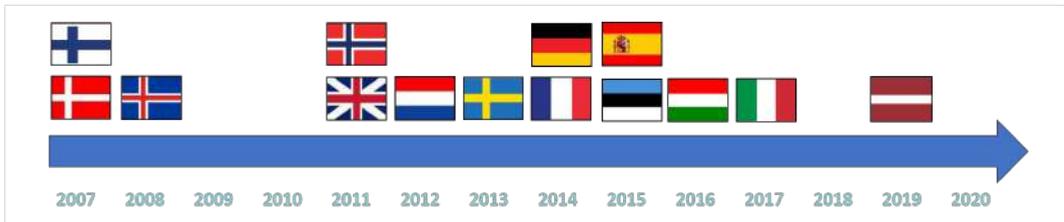


Figura 4. Inicio de Estrategias de Implementación de BIM en países europeos. Fuente buildingSMART Spain.

oportunidad para transformar y digitalizar el sector de la construcción, al tiempo que, como clientes podrían obtener una serie de beneficios en materia de aumento de la calidad y reducción de plazos y costes en la ejecución de proyectos.

Esto se ha llevado a cabo a través de diferentes estrategias de implantación de BIM, algunas a nivel nacional y otras llevadas a cabo por grandes clientes públicos. La siguiente figura muestra cronológicamente cuando se han puesto en marcha dichas estrategias en diferentes países europeos. (Figura 4).

Con el objetivo de alinear estas estrategias, nace en el año 2016 el EU BIM Task Group (<http://www.eubim.eu/>), que integra representantes de las Administraciones Públicas de los diferentes países de la UE.

El principal resultado que se ha obtenido en el marco del EU BIM Task Group es el **Manual para la Introducción de la Metodología BIM por parte del sector público europeo**.

En este manual, disponible en más de 20 idiomas (incluido el español), se recogen una serie de recomendaciones de actuación agrupadas en:

- Recomendaciones estratégicas generales para promover y facilitar el proceso de transformación digital del sector de la construcción.
- Recomendaciones específicas a nivel de implantación en los proyectos, divididas en cuatro grandes áreas de definición: Política, Aspectos Técnicos, Proceso y Personas. (Figura 5).

Entre las recomendaciones específicas para requerir BIM en proyectos cabe destacar las siguientes:

- Las obligaciones y responsabilidades asociadas a BIM se deben incorporar al contrato, por ejemplo, en un anexo o protocolo específico.
- La información exigida por el cliente debe especificarse en los pliegos de la licitación.
- Deben evitarse requerimientos excesivos.
- Los criterios de evaluación de la capacidad de las empresas y profesionales deben ser



objetivos y no deberían excluir a la mayor parte de los mismos.

- Los proveedores deben desarrollar una propuesta de Plan de Ejecución BIM que responda a los requisitos indicados en los pliegos de la licitación.
- Se debe exigir formatos de intercambio de datos no propietarios. Puede haber un suministro adicional de formatos nativos para evitar la pérdida de datos.
- Se debe promover el uso de herramientas que permitan trabajar de forma colaborativa en un Entorno Común de Datos.
- Deben asignarse las responsabilidades correspondientes en la gestión de la información.

Además, el manual incorpora una serie de estudios de caso en los que se han seguido estas recomendaciones.

### 2.1.2. Libro Blanco sobre la definición estratégica de la implementación del BIM en la Generalitat de Catalunya

Durante el año 2015, el Consejo Asesor del Patronato del ITeC creó la Comisión Construimos el Futuro, integrada por una serie de instituciones públicas y privadas, y cuyo principal objetivo era analizar el proceso de introducción de BIM en el sector de la construcción en Cataluña.

Poco después, en mayo de 2016, el Govern de la Generalitat de Catalunya crea a la Comisión Interdepartamental para la Implementación de BIM en la obra pública promovida por la Generalitat y su sector público.

Fruto de la colaboración entre estas entidades se publica el **Libro blanco sobre la definición estratégica de la implementación del BIM en la Generalitat de Catalunya**. (Figura 6)

Este Libro Blanco define una serie de objetivos, que deben ser alcanzados por la ad-

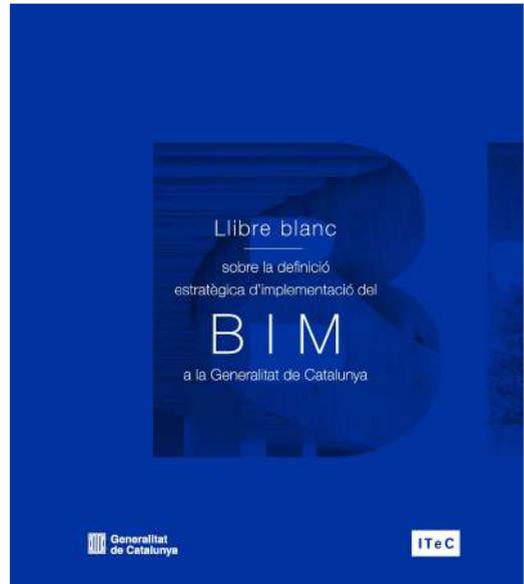


Figura 6. Libro Blanco sobre la definición estratégica de la implementación del BIM en la Generalitat de Catalunya. Fuente ITeC.

ministración en diferentes áreas temáticas a través de la puesta en marcha de una batería de acciones entre las que se destacan las siguientes:

- **Institucional.** Visualizar ante los diferentes departamentos y organismos de la administración de la apuesta de la Generalitat por BIM.
- **Difusión y sensibilización interna.** Organizar sesiones divulgativas de introducción al BIM y exposición de casos de estudio y mejores prácticas.
- **Formación.** Definir y desarrollar un plan de formación adecuado a los diferentes perfiles de la administración, así como promover la capacitación de los proveedores.
- **Legislación.** Elaborar de un informe jurídico para la realización de proyectos colaborativos en el marco de la legislación actual.
- **Ámbito técnico.** Modernizar la infraestructura tecnológica, incorporando un entorno

común de datos, y estandarizar la información que deben contener los modelos.

- **Ámbito de procesos.** Incorporar nuevos roles a los perfiles existentes, así como crear modelos de contratación de proyecto integrado (tipo IPD, Alliance, Design&Build o similares).
- **Efecto tractor.** Llevar a cabo pruebas piloto, que además sean evaluadas y permitan definir mejoras para el futuro.

## 2.2. Casos de implementación BIM en AAPP en España

La implementación de BIM en una organización debe estar motivada por una serie de objetivos que se pretenden alcanzar, por lo que su alcance está relacionado directamente con dichos objetivos.

En este apartado se van a repasar algunos de los casos de implementación en AAPP en España más significativos.

### 2.2.1. Ministerio de Fomento y Grupo Fomento

Como se ha comentado anteriormente, el Ministerio de Fomento ha dado algunos pasos significativos para impulsar el uso de BIM en España a través de la comisión es.BIM, que propone un calendario para introducir requisitos BIM en licitaciones públicas, y posteriormente con la creación de la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública de la Administración General del Estado.

En paralelo, el Ministerio de Fomento publicó en 2017 el denominado "Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras", el cual contiene una serie de iniciativas dirigidas a la integración de modelos BIM en puertos, aeropuertos, estaciones de tren e infraestructuras lineales.

Por esto, desde el propio Ministerio y algunos de sus organismos dependientes se ha

tomado la decisión no sólo de requerir BIM en sus licitaciones, sino de implementar la metodología dentro de la organización.

#### ADIF alta velocidad

ADIF Alta Velocidad es una entidad pública empresarial adscrita al Ministerio de Fomento que tiene, entre otras, las competencias en materia de construcción y administración de parte de las infraestructuras ferroviarias de alta velocidad, así como otras infraestructuras y funciones que se le transfieren, los negocios de estaciones de alta velocidad o las actividades de telecomunicaciones y de energía.

La implantación de BIM en ADIF es una de las 25 iniciativas estratégicas recogidas en el Plan Transforma 2020, formando parte de la transformación digital de la compañía y que pretende, entre otros, mejores proyectos, mayor control financiero y planificador de las obras y aumentar la colaboración entre todas las fases y ciclo de vida de los activos.

Durante el año 2019, ADIF Alta Velocidad ha contratado el servicio de consultoría para la formación, asesoramiento tecnológico e implementación de BIM por un importe de 3.320.126,32 €

Este proceso de implementación BIM, que tiene una duración aproximada de 3 años, consta de una serie de acciones entre las que destacan las siguientes:

1. Asesoramiento para introducir requerimientos BIM en los distintos contratos de proyecto, asistencia, obra, mantenimiento, etc.
2. Formación cualificada para aquellas personas que vayan a participar en cualquier proceso BIM.
3. Definición e implantación del Plan de Ejecución BIM corporativo.

Durante la ejecución de este contrato, ADIF comenzará a introducir requisitos BIM en sus licitaciones de forma gradual.

### AENA

AENA SME, S.A. es una sociedad mercantil estatal que gestiona los aeropuertos y helipuertos españoles de interés general.

En el año 2016, AENA comienza a introducir requisitos BIM en los pliegos de prescripciones técnicas para la redacción de proyectos de remodelación de edificios terminales en algunos aeropuertos como los de Palma de Mallorca, Tenerife Sur, Madrid-Barajas o Barcelona-El Prat.

Posteriormente, en 2018 se exige el uso de BIM como criterio general en proyectos de obra nueva y ampliación, tanto de edificación como de obra civil.

Aunque en estos proyectos los objetivos de utilizar BIM están centrados en las fases de diseño y construcción, en paralelo se comienza a hacer pruebas de uso de modelos BIM para la fase de explotación y mantenimiento con un piloto en el edificio terminal T3 del Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid – Barajas.

De estas experiencias, AENA plantea como objetivo final el uso generalizado de BIM para la gestión de infraestructuras, siendo el modelo digital la fuente de información, única y veraz, de sus activos.

Por esto, desde AENA se ha contratado en 2019 un servicio de asistencia técnica para el desarrollo, implementación y seguimiento de la metodología BIM. Entre las acciones incluidas en este contrato, cabe destacar las siguientes:

1. Definición, estandarización y puesta en marcha de los nuevos procesos.

2. Definición de las especificaciones y requisitos del entorno común de datos colaborativo de AENA.
3. Creación de una oficina BIM para la gestión de los modelos digitales y su cumplimiento de los estándares BIM de AENA.
4. Desarrollo de un proyecto piloto para validar los estándares y procesos definidos.

### Puertos del Estado

El Organismo Público Puertos del Estado coordina el Sistema Portuario español, de titularidad estatal, que está integrado por 46 puertos de interés general, gestionados por 28 Autoridades Portuarias.

Desde Puertos del Estado se han contratado los servicios de “diagnóstico de situación, establecimiento de procedimientos, líneas de trabajo y formación para la implantación de la metodología BIM en el sistema portuario de titularidad estatal”.

A lo largo de este contrato se ha diagnosticado la situación BIM de las 28 Autoridades Portuarias tras lo que se ha llevado a cabo un programa de formación básico y se han definido los procedimientos de trabajo para implantar BIM, teniendo en cuenta que el principal objetivo de uso del mismo es la gestión y mantenimiento de las infraestructuras portuarias.

Fruto de este trabajo se ha elaborado una Guía BIM del Sistema Portuario de titularidad estatal.

### 2.2.2. Generalitat de Catalunya

Tal y como se indica en la Guía BIM de la Generalitat de Catalunya, “La Generalitat considera de especial interés la adopción de la metodología BIM y la finalidad de mejorar e incrementar la eficacia y calidad de los procesos de gestión de diseño y construcción

*de sus actuaciones de edificación o infraestructura y, en última instancia, en el funcionamiento de los edificios y obras públicas que promueve la Administración y su sector público, mejorando la eficiencia en el uso de sus recursos”.*

Son varios los organismos públicos dependientes de la Generalitat de Catalunya los que han llevado a cabo un proceso de implementación BIM, como por ejemplo Infraestructuras de la Generalitat de Catalunya o el Área Metropolitana de Barcelona.

#### Infraestructuras de la Generalitat de Catalunya

Infraestructuras de la Generalitat de Catalunya ([infraestructures.cat](http://infraestructures.cat)) es una empresa pública de la Generalitat de Catalunya que tiene el objeto de proyectar, construir, conservar y mantener todo tipo de edificios e infraestructuras que promueva la Generalitat, como es el caso de centros educativos, sanitarios, carreteras, etc.

Infraestructures.cat comenzó a aplicar la metodología BIM en 2013, en el proyecto del Instituto Lluís de Recasens en Molins de Rei.

Desde entonces, se ha convertido en el organismo público con el mayor número de licitaciones con requisitos BIM (237 en el año 2019, alrededor del 50% de toda España).

En el año 2017, [infraestructures.cat](http://infraestructures.cat) publicó su Guía y Manual BIM de aplicación para la gestión de proyectos y obras. Estos documentos servirían de base para la Guía y Manual de BIM de la Generalitat de Catalunya.

#### Área Metropolitana de Barcelona (AMB)

El AMB es la administración pública del área metropolitana de Barcelona, una gran conurbación urbana formada por un total de 36 municipios y más de 3,2 millones de personas.

Los ámbitos de gestión del AMB tienen relación con el territorio y el urbanismo, la movilidad, la vivienda, el medio ambiente, el desarrollo económico y la cohesión social.

En el año 2016, el AMB decidió iniciar el proceso de implementación BIM en los proyectos y obras que promueve de equipamientos y espacios públicos.

Desde entonces, son numerosos los proyectos y obras desarrollados con BIM de diferentes tipologías: instalaciones deportivas, parques, bibliotecas, calles, etc.

El AMB ha desarrollado además una serie de documentos y plantillas sobre los requisitos BIM a tener en cuenta en sus proyectos y obras.

#### 2.2.3. Otros organismos públicos

Cada vez son más los organismos públicos que apuestan por BIM para mejorar la calidad de los proyectos, el control de los costes y plazos de ejecución y la gestión posterior de activos.

Resultaría imposible recoger en esta guía todos estos organismos públicos, pero sí se van a nombrar algunos de los más relevantes.

#### Correos

Correos es el operador designado por ley para prestar el servicio postal universal en todo el territorio. En 2020, Correos cuenta con una plantilla de más de 53.000 empleados y con una infraestructura compuesta por más de 8.500 puntos de atención.

Precisamente es por el tamaño de su infraestructura, por lo que el Área de Obras y Mantenimiento (AOM) de la Subdirección de Inmuebles de Correos ha decidido implementar BIM para sus procesos de gestión.

Para ello, ha licitado en 2019 un servicio de elaboración de un “Manual de Gestión BIM” que abarque todo el proceso general de diseño llevado a cabo por el AOM.

### Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (FGV)

FGV, que gestiona los servicios de transporte de Metrovalencia y el TRAM de Alicante, comienza a requerir el uso de BIM en los proyectos y trabajos de obra de la línea 10 de Metro de Valencia y de la línea 9 del TRAM de Alicante.

El objetivo que persigue FGV con el uso de esta metodología es mejorar la coordinación en la fase de diseño, intercambio de información y fase de proyecto; reducir posibles incertidumbres e interferencias en la fase de obra y en la gestión posterior de la infraestructura y su conservación.

Durante el año 2019, las licitaciones con requisitos BIM por parte de FGV suman un presupuesto superior a 75 Millones de euros.

### Junta de Andalucía

La Junta de Andalucía fue una de las pioneras del uso de BIM en España a través del proyecto de la Ciudad de la Justicia de Córdoba, el cual fue promovido por la Consejería de Justicia e Interior de la Junta de Andalucía. (Figura 7).

Una vez analizados los beneficios obtenidos en este proyecto, y con el objetivo principal de reducir desviaciones, sobrecostes e incumplimientos de plazos, desde la Junta de Andalucía se ha comenzado a implementar BIM en diferentes departamentos de la misma.

Por ejemplo, la Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio tienen previsto utilizar BIM en los proyectos de ampliación de los metros de Sevilla, Málaga y Granada.

También se va a utilizar BIM en la obra de la nueva sede judicial de Lucena.

Respecto a la implementación de BIM, el personal técnico de la Junta de Andalucía está llevando a cabo una serie de talleres formativos.



Figura 7. Modelo BIM de la Ciudad de la Justicia de Córdoba. Fuente Consejería de Justicia de la Junta de Andalucía.

### 3. ANÁLISIS DE LAS LICITACIONES PÚBLICAS BIM EN ESPAÑA

La inclusión de requerimientos BIM en licitaciones públicas en España ha aumentado de forma progresiva en los últimos, tal y como se desprende de los diferentes informes que publica el Observatorio de es.BIM de licitaciones públicas en España.

Tomando como referencia dichos informes, así como información recogida por buildingSMART Spain durante 2019, se procede, en este punto, a analizar de forma cuantitativa y cualitativa cómo está siendo esa progresión.

#### 3.1. Análisis general cuantitativo

En el año 2018, de los 9.793 M€ de inversión pública en edificación e infraestructuras, un 4,33% hace referencia a licitaciones con requisitos BIM. Este porcentaje se ha incrementado hasta el 8,51% (843,3 M€) en 2019 (datos provisionales).

##### 3.1.1. Evolución temporal

Tal y como se comentaba en la introducción, desde un punto de vista simplemente cuan-

titativo podemos observar cómo aumenta el número de licitaciones públicas que incorporan requisitos BIM, así como la inversión realizada en dichas licitaciones. (Figura 8)

Completando estos datos, y según información proporcionada por buildingSMART, el número total de licitaciones con requisitos BIM en el año 2019 fue de 351, lo que supone un 71% más que en 2018.

##### 3.1.2. Niveles de administración

Si analizamos el nivel de la administración del licitador que incluye requisitos BIM observamos (figura 9) como la mayor parte de las licitaciones parten desde nivel autonómico (alrededor de un 73% en el periodo 2017-2019). Esto se debe a dos factores principalmente:

1. En primer lugar, el impacto que ha tenido en Catalunya el decreto del Govern para exigir BIM, precedido de la iniciativa de entidades como Infraestructures de Catalunya.
2. En segundo lugar, cabe destacar que muchos de estos pliegos son relativos a

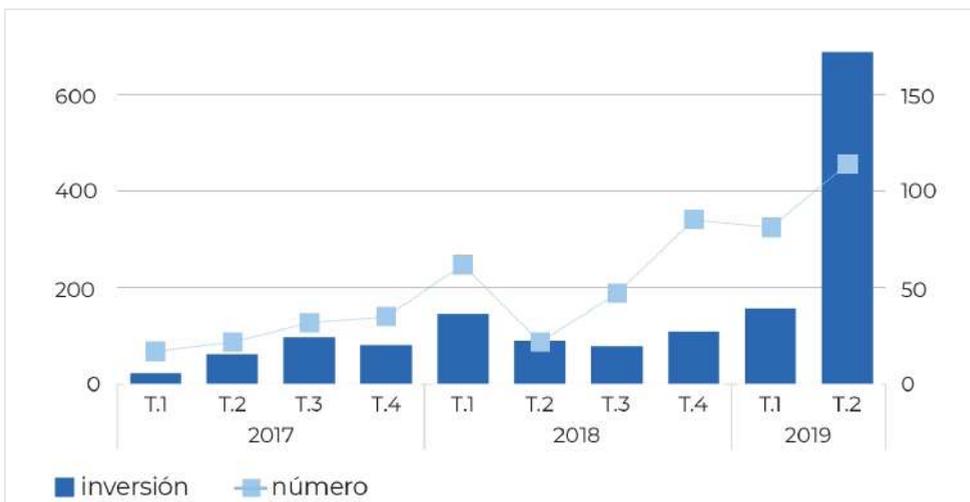


Figura 8 Evolución trimestral de la inversión y número de licitaciones públicas con requisitos BIM.

Fuente: 7º informe del Observatorio de es.BIM

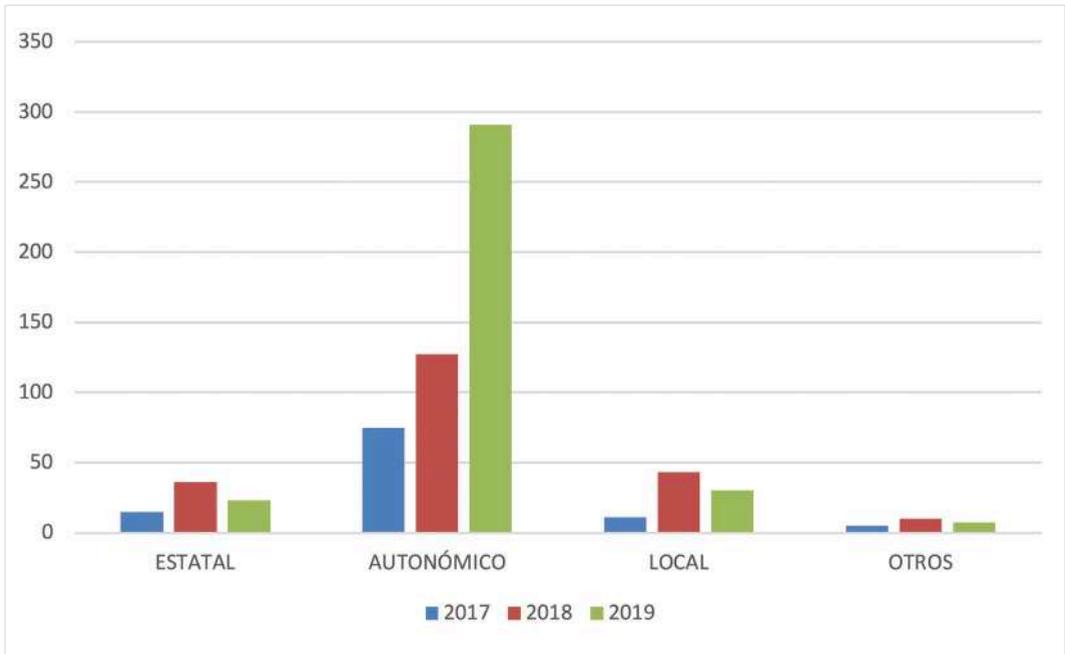


Figura 9 Evolución del número de licitaciones públicas con requisitos BIM según el nivel de la administración. Fuentes 7º Informe del Observatorio de es.BIM y buildingSMART Spain.

centros hospitalarios o educativos, cuyas competencias están transferidas a las CCAA. (Figura 9).

### 3.1.3. Distribución territorial

Al analizar la distribución de las licitaciones BIM por comunidades autónomas observa-

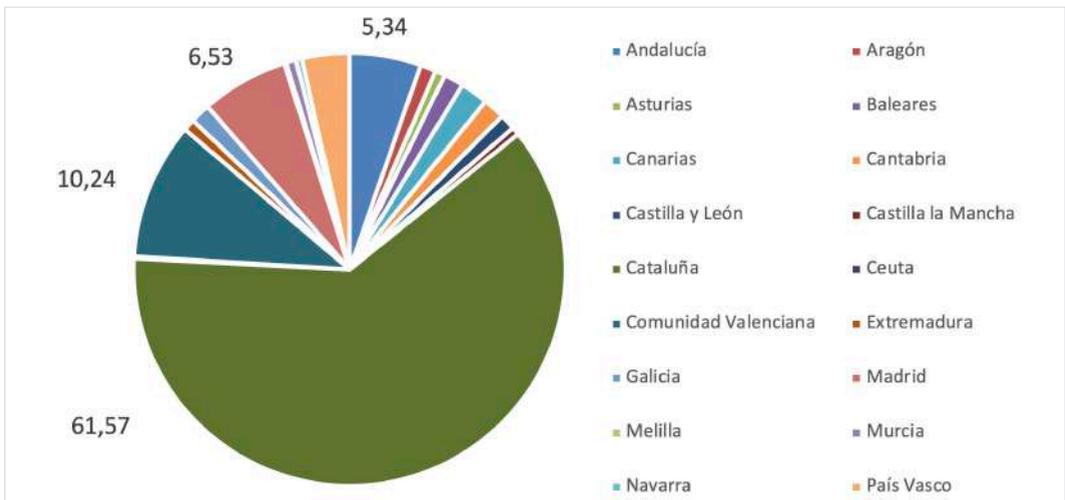


Figura 10 Distribución de licitaciones BIM por CCAA (2017-2019). Fuentes 7º Informe del Observatorio de es.BIM y buildingSMART Spain.

mos (figura 10) como la mayor parte están en Cataluña (60%), Comunidad Valenciana (10%), Madrid (6%) y Andalucía (5%).

### 3.1.4. Edificación e Infraestructuras

Al analizar el tipo de proyecto (edificación o infraestructuras) de las licitaciones BIM, observamos cómo, aunque predominan los proyectos de edificación, la tendencia actual es que el peso se está repartiendo progresivamente con las infraestructuras. (Figura 11).

### 3.1.5. Objeto y Fase del Contrato

Si analizamos el objeto y la fase del contrato de las licitaciones con requisitos BIM durante el año 2019, observamos como durante el año 2019 (figura 12) son mayoría los que se desarrollan durante la fase de ejecución (ya sea de obra o de servicios asociados).

Por otro lado, es habitual encontrar en licitaciones BIM vinculadas a servicios que tienen especial interés para el colectivo de la Arquitectura Técnica, como es el caso de



Figura 11 Distribución de licitaciones BIM de Edificación o de Infraestructuras (2017-2019). Fuentes 7º Informe del Observatorio de es.BIM y buildingSMART Spain.

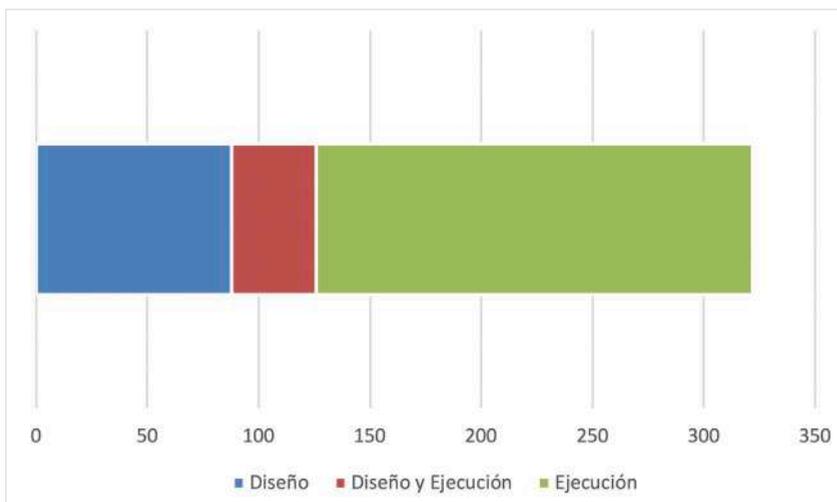


Figura 12 Distribución de licitaciones BIM de según la fase durante 2019. Fuente: buildingSMART Spain.

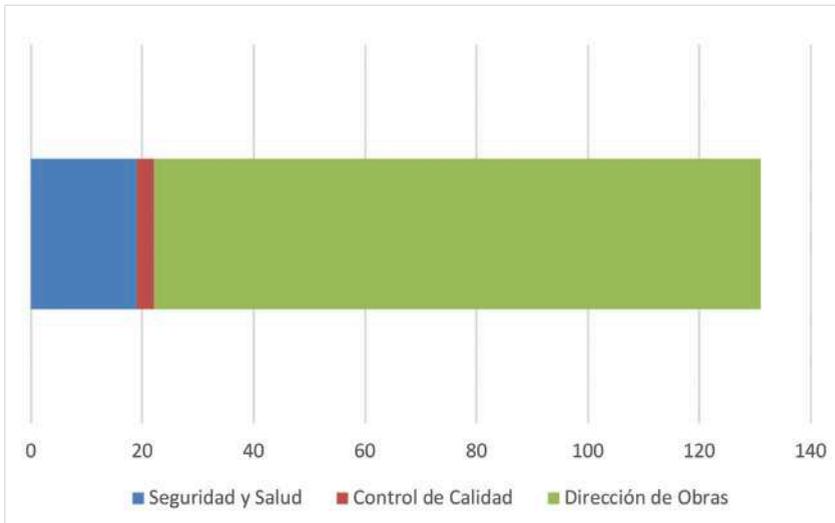


Figura 13 Distribución de licitaciones BIM asociadas a diferentes servicios. Fuente buildingSMART Spain.

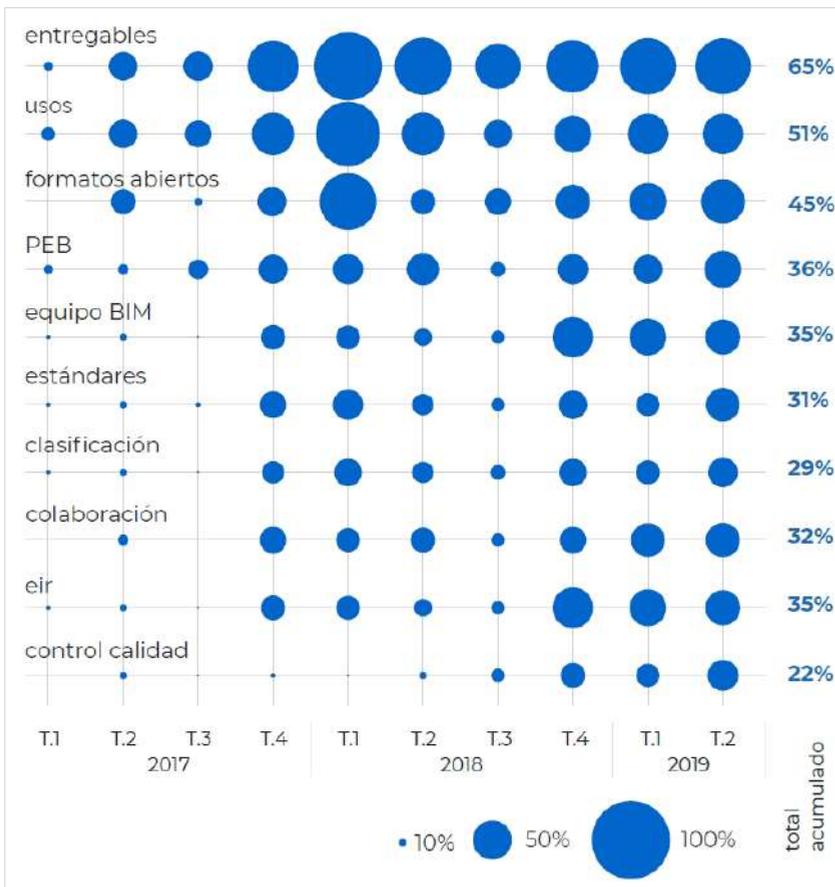


Figura 14 Evolución trimestral de la madurez BIM de los pliegos de las licitaciones públicas con requisitos BIM en base a los indicadores cualitativos mínimos. Fuente: 7º informe del Observatorio de es.BIM

dirección de obras, servicios relacionados con seguridad y salud (redacción de estudio o coordinación) y control de calidad, tal y como se aprecia en la figura 13.

### 3.2. Análisis cualitativo y nivel de madurez

Tal y como se indica en el Observatorio de Licitaciones BIM, la calidad y madurez de las licitaciones BIM se puede analizar en función de la inclusión o no en ellas de una serie elementos que se toman como indicadores:

- Entregables BIM.
- Usos BIM.
- Formatos abiertos.
- Plan de Ejecución BIM.
- Personal especializado en BIM.
- Uso de estándares existentes.
- Uso de un sistema de clasificación.
- Definición de estrategias de colaboración.
- Requisitos de información del cliente.
- Control de calidad del Modelo BIM.

En general, la tendencia es que cada vez son más las licitaciones públicas que incluyen estos elementos, tal y como se muestra en la figura 14, siendo ya una mayoría de los pliegos los que en 2019 requieren entregables BIM, especifican los usos BIM deseados o requieren el uso de formatos abiertos como IFC.

Esta mejora en la definición de los requerimientos BIM en las licitaciones públicas se puede constatar especialmente en los pliegos publicados por algunas organizaciones como Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana o Infraestructures de Catalunya, donde el licitador expone claramente sus necesidades a través de los objetivos y usos BIM, las especificaciones del Modelo para responder a dichas necesidades y los entregables esperados.

#### 3.2.1. Usos BIM

Tal y como se indicaba anteriormente, crece progresivamente la especificación de Usos BIM en las licitaciones públicas. De entre los diferentes usos posibles, los 6 más requeridos (en edificación e infraestructuras) son los siguientes:

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

En las figuras 15 (edificación) y 16 (infraestructuras) se observa la evolución de los usos BIM en licitaciones públicas.



Figura 15 Evolución de los usos BIM en edificación.  
Fuente: 7º informe del Observatorio de es.BIM



Figura 16 Evolución de los usos BIM en infraestructuras. Fuente: 7° informe del Observatorio de es.BIM



Figura 17 Evolución de los entregables BIM en edificación. Fuente: 7° informe del Observatorio de es.BIM



Figura 18 Evolución de los entregables BIM en infraestructuras. Fuente: 7° informe del Observatorio de es.BIM

Tanto en edificación como en infraestructuras, los usos BIM más requeridos en 2019 son los de Integración de disciplinas y coordinación 3D, Explotación y Mantenimiento y Visualización.

### 3.2.2. Entregables BIM

Crece también la especificación de entregables BIM en los requisitos de las licitaciones públicas. De entre los entregables BIM posi-

bles, los 6 más requeridos, según el Observatorio de licitaciones de es.BIM, son los siguientes:

1. Plan de Ejecución BIM.
2. Planos extraídos del Modelo.
3. Modelo en formato nativo.
4. Modelo en formato abierto.
5. Archivo nativo 4D.
6. Presupuesto integrado en el modelo.

En las figuras 17 (edificación) y 18 (infraestructuras) se observa la evolución de los entregables BIM en licitaciones públicas.

Tanto en edificación como en infraestructuras, los entregables BIM más requeridos en 2019 son el Plan de Ejecución BIM y el Modelo en formato nativo y en formato abierto.

## 4. CONCLUSIONES

Una vez analizado el marco legal y normativo existente relacionado con BIM en España, y el estado actual de las licitaciones que incluyen requerimientos BIM, podemos extraer las siguientes conclusiones.

1. La legislación actual, bajo la ley de contratos del sector público 9/2017, permite, pero no obliga, a las Administraciones Públicas introducir requerimientos BIM en las licitaciones públicas.
2. En el ámbito de Cataluña la legislación autonómica sí que obliga el uso de BIM en obra pública, para proyectos y obras de cierto tamaño.
3. Cada vez existen más normas, guías y manuales que facilitan a todos los agentes el uso de BIM. Un ejemplo de ello es la norma UNE-EN 16739 sobre el formato de datos IFC, o la norma UNE EN-ISO 19650 sobre los procesos de producción, gestión, uso y entrega de la información. Estas normas pueden estar apoyadas por documentos que definan las especificaciones de los modelos, como puede ser

el Manual de BIM de la Generalitat de Catalunya.

4. Las Administraciones Públicas disponen de diferentes manuales de recomendaciones para ayudarles en la definición de su implementación de BIM.
5. Las licitaciones públicas con requerimientos BIM aumentan de forma progresiva tanto en cantidad como en su nivel de madurez.

## BIBLIOGRAFÍA

- *Informe UNE sobre el estado del arte del BIM*
- *An Action Plan to Accelerate Building Information Modeling (BIM) Adoption*
- *IFC 4.1 en español*
- *Documento de introducción a las normas ISO 19650 Partes 1 y 2*
- *Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo*
- *Guía BIM y Manual BIM de la Generalitat de Catalunya*
- *Informes del Observatorio de Licitaciones Públicas de es.BIM*



▽

# CAPÍTULO 3

## DIRECCIÓN DE EJECUCIÓN DE OBRA

Manuel García Navas

Este apartado pretende desarrollar como afecta o puede afectar la transformación digital BIM en la fase de obra desde el punto de vista de la Dirección de Ejecución de Obra por el Arquitecto Técnico.

## 1. LA ARQUITECTURA TÉCNICA EN LA DIRECCIÓN DE EJECUCIÓN DE OBRA

### 1.1. Normativa en vigor Atribuciones y competencias

Las atribuciones profesionales de la Arquitectura Técnica se encuentran reguladas. Sin embargo, los límites competenciales no siempre son claros. Esto da lugar a discrepancias entre las distintas Administraciones Públicas encargadas de aplicarlos y a pronunciamientos de los tribunales de justicia, que van aclarando su alcance. Por eso, en los casos dudosos, resulta muy importante asegurarse antes de realizar un trabajo de que el encargo recibido se encuentra incluido en la esfera de atribuciones de la profesión.

#### **Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación**

El Art. 13, Ley 38/1999, de 5 de noviembre se ocupa de la figura del director de la ejecución de la obra, como agente de la edificación, abordando tanto su definición (“es el agente que, formando parte de la dirección

facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado”), como las obligaciones a las que está sujeto.

### 1.2. Estudio previo del proyecto

Se trata de la lectura y testeo comprensivo del proyecto, y que debe entenderse como parte preliminar de la actuación del Director de Ejecución de Obra (DEO). Consiste en el análisis del contenido del mismo para constatar que dispone de la suficiente definición constructiva para poder ejecutar la edificación, que contiene la información necesaria para el correcto control de calidad de la ejecución (plan de control adaptado a esa tipología) y que existe coherencia edificatoria entre las distintas partes del proyecto. No se evalúa el diseño, ni se revisan los cálculos, ni otros aspectos al no ser una revisión ni un control de calidad del proyecto. Correspondería con lo que en años anteriores se denominó ‘estudio y análisis del proyecto’, pero en una configuración más ordenada y concisa.

### 1.3. Replanteos

El Replanteo es la operación que tiene por objeto trasladar fielmente al terreno las dimensiones y formas indicadas en los planos que integran la documentación técnica de la obra.

#### **Acta de Replanteo**

El Acta de Replanteo es un documento contractual que se realiza después de comprobar

el replanteo general de la obra, constando allí las incidencias del solar, dimensiones, cotas, y la fecha que indica el comienzo oficial del inicio de las obras.

### 1.4. Interpretar el proyecto

Todo proyecto ha de estar formado por documentación escrita y documentación gráfica.

#### Datos de carácter importante:

- Identificación del autor del trabajo
- El visado colegial obligatorio está regulado por el Real Decreto 1000/2010 sobre visado colegial obligatorio.

#### Tipologías:

- Proyecto de obra
- Proyecto de obra y actividad
- Obras sin necesidad de licencia
- Obras de escasa entidad
- Proyecto de legalización de obra
- Dirección de obra sin proyecto

#### Contenido:

- Memoria
- Pliego de condiciones
- Mediciones y presupuesto
- Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud
- Plan de Control de Calidad (Dependiendo de la comunidad autónoma)
- Estudio de Gestión de Residuos
- Documentación gráfica

### 1.5. Modificaciones de proyecto

Cualquier técnico reconoce que es imposible planificar con una precisión del 100% la ejecución de las obras y que las mismas siempre plantean problemas que no han sido previstos inicialmente, por lo que en todo proyecto existen inevitablemente carencias de definición y por tanto se hace necesario introducir modificaciones sobre el proyecto redactado.

Ahora bien, respecto a las modificaciones en el proyecto conviene distinguir, según la intensidad de la modificación y su posible incidencia en el plazo de las obras, entre cambio o ajuste del proyecto:

**Cambio:** Se entiende por cambio cualquier modificación de los datos del proyecto que tenga carácter significativo y que se realice para adecuar todo o una de sus partes a las normas de obligado cumplimiento, a los nuevos requisitos de la propiedad, a las necesidades del presupuesto o a los aspectos que tengan que ver con deficiencias del proyecto que pongan en peligro la seguridad, la durabilidad o el uso al que se destina la edificación. Pueden o no tener repercusión en el plazo, en función de si incide en el camino crítico de la planificación.

**Ajuste:** Se entiende por ajustes del proyecto las modificaciones que no tengan carácter significativo y que se introduzcan para mejorar o adaptar a la realidad de la obra aquellos aspectos desarrollados en el proyecto. No suelen tener repercusión en el plazo.

La práctica habitual es que los ajustes del Proyecto durante la ejecución de las obras se documenten a través de las actas de obra, del libro de órdenes o bien mediante detalles constructivos. No obstante, cada vez es más frecuente, por parte de los directores de obra, ir actualizando puntualmente la documentación del proyecto, planos principalmente (revisiones de planos), de manera que se disponga en todo momento de elaboración "ad hoc" del proyecto, sirviendo ello como registro de la modificación.

Por el contrario, los cambios, dada su mayor relevancia, suelen documentarse más detalladamente sobre todo a través de, o bien de "actas de cambio de proyecto" o bien a

través de la elaboración de planos, detalles y precios contradictorios.

En ambos casos, cambios y ajustes, la justificación de estos debe clasificarse en atención a su origen:

1. Mejora del proyecto (por parte de la Dirección Facultativa).
2. Error del proyecto.
3. Requerimientos y/ reclamaciones del promotor.
4. Requerimientos de organismo público y/o privados.
5. Imprevisto en Obra.
6. Propuesta de la constructora.
7. Error de ejecución.

### 1.6. Libro de órdenes

El libro de órdenes y asistencias es un documento en el que la dirección facultativa llevará el control y seguimiento de una obra de construcción.

Según el artículo 4 del Decreto 462/1971 de 11 de marzo. Normas sobre redacción de proyectos de dirección de obras de edificación.

“En toda obra de edificación, será obligatorio el Libro de Órdenes y Asistencias, en el que los técnicos superior y medio deberán reseñar las incidencias, órdenes y asistencias que se produzca en el desarrollo de la obra”

El libro, debidamente cumplimentado, deberá presentarse al finalizar las obras en el Colegio Profesional juntamente con la certificación y/o certificado final de obra.

### 1.7. Ensayos y pruebas

#### Documentación de control de calidad de la obra

Establecido por el Código Técnico de la Edificación, consiste en la recopilación de

la documentación del control realizado en la obra, verificando que es conforme con lo establecido en el proyecto, sus anejos y modificaciones.

Comprenderá el control de recepción de productos, los controles de la ejecución y el control de la obra terminada y se incorporará al Libro del Edificio.

#### Libro de control de calidad (según comunidad autónoma)

Consta de la relación de controles realizados y sus resultados, la documentación del seguimiento del control de la obra y las fichas normalizadas para el asiento de los resultados de los ensayos, pruebas y análisis debidamente cumplimentadas y firmadas por los agentes intervinientes.

Integra el contenido de la documentación de control de calidad establecido por el Código Técnico de la Edificación.

#### Certificado de control de calidad (según comunidad autónoma)

El certificado de calidad es la vía que garantiza que un determinado producto o servicio cuenta y cumple con los requisitos mínimos de calidad exigidos. Se trata de una certificación que da una institución independiente y externa a la empresa que lo solicita.

#### Certificado de eficiencia energética del edificio terminado

Documento que supone la conformidad de la información contenida en el mismo con la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto del edificio y con el edificio terminado.

#### Certificados en materia de instalaciones

Para aquellas instalaciones (protección contra incendios, electricidad en baja tensión,

instalaciones térmicas, telecomunicaciones, evacuación de humos, etc.) que requieran una certificación independiente del resto de los trabajos se emitirán los correspondientes certificados de dirección.

### 1.8. Comprobación de la ejecución de obras

El trabajo a realizar consiste en dirigir la ejecución material de la obra, comprobando replanteos, los materiales y la correcta ejecución, controlando cuantitativamente y cualitativamente la construcción y la calidad de lo edificado, la documentación técnica que lo desarrolla, las normas de la buena construcción, la disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y las instrucciones del Director de Obra.

#### Gestión y documentación generada:

- Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas. LOE Art. 13.2 d, CTE Anejo II. 1ª.
- Elaborar y suscribir las certificaciones parciales (y la liquidación final de las unidades de obra ejecutada), en la que figurarán las mediciones y valoraciones de la obra ejecutada.
- Gestionar y controlar la calidad de la obra.

### 1.9. Certificaciones y liquidaciones

La certificación es un acto mediante el cual se declara que se está construyendo o modificando una edificación en un terreno. Las obras que se estén llevando a cabo, deberán ser reflejadas en el Registro de la Propiedad.

La liquidación de la obra constituye la última fase de la consumación del contrato de obra y determina el precio que debe abonar el dueño de la obra. Una vez que la misma ha sido terminada, entregada y recibida por el promotor, éste tiene la obligación de pagar el precio convenido.

La última certificación de obra emitida se corresponde con la Liquidación de Obra.

El precio junto con la obra, constituyen los elementos reales del contrato de obra.

### 1.10. Documentación final de obra

- Informes, certificados y/o dictámenes del director de la ejecución de obra
- Certificado Final de Obra

Anexos al Certificado Final de Obra.

- Liquidación final de obra
- Documentación de control de calidad de obra
- Certificado de control de calidad (en su caso)
- Certificados en materia de instalaciones (en su caso)
- Acta de recepción de la obra
- Liquidación final de obra
- Final de obra por fases/ interrupción de la actuación (en su caso).

- Dirección de obra sin proyecto

Es habitual que en algunas obras en las que la administración no exige la redacción de un proyecto previo, sea preceptiva la presencia de un técnico cualificado que supervise los trabajos como director de ejecución de obra.

En estos casos, toda la documentación generada durante la actuación será similar a la generada durante una Dirección de obra habitual, adecuada al tamaño de la obra.

- Dirección de instalación auxiliar de obra.  
Andamiajes

Algunas administraciones solicitan la intervención de un técnico para que realice únicamente y exclusivamente la supervisión la instalación de andamiaje durante su montaje, desmontaje y desarrollo de los trabajos.

## 2. DIRECCIÓN DE EJECUCIÓN DE OBRA CON METODOLOGÍA BIM

### 2.1. Entendiendo la transformación digital BIM y la necesidad de adaptarla a la dirección de ejecución de obras

#### 2.1.1. Trazabilidad de las comunicaciones

En la actualidad estamos acostumbrados a comunicarnos por medios muy individualistas que no dejan trazabilidad, manejando datos de especial relevancia que no son reutilizables en el proceso. (Figura 1)

Una comunicación trazada es el comienzo de cualquier tarea, pues la optimización, eficiencia y por tanto la sostenibilidad se ponen de manifiesto cuando las comunicaciones entre los miembros del equipo son auditables de manera eficaz.

Es por ello que el primer objetivo a marcar sea conocer el esquema o flujo de comunicación y el posterior diseño de un sistema trazado de comunicaciones modificando los elementos no trazables. (Figuras 2 y 3)

Es evidente que hay “mil formas” de comunicación trazada, siempre habrá que

buscar aquellas que supongan un nexo para facilitar un uso global por todo el equipo.

Actualmente Trello® y Slack® son dos herramientas accesibles en modo prueba avanzada y multiplataforma. (Figura 4)

Trello® usa el método “kanban”, se crea un equipo asociado a un tablero que contiene unas listas y dentro unas tarjetas. La versatilidad de este software hace de él un buen aliado para la organización efectiva de tareas e hitos de finalización integrando de una manera muy visual y esquemática la comunicación trazada. (Figura 5)

Slack® es un software multiplataforma tipo “Whatsapp”, la diferencia es la gran trazabilidad de las comunicaciones mediante espacios de trabajo en donde hay canales personalizados donde los miembros del equipo pueden desplegar todo tipo de información visual. (Figura 6)

La combinación de ambas herramientas cumple todas las expectativas en cuanto a comunicación trazada eliminando incertidumbre del proceso fundamental que es la coordinación efectiva.



Figura 1. Algunos ejemplos de comunicación no trazada usados actualmente. Elaboración propia.

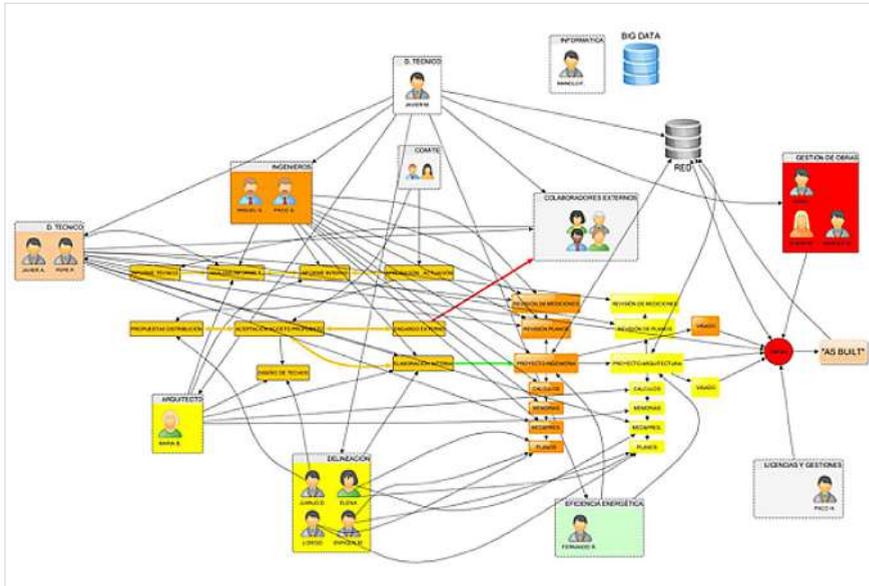


Figura 2 Esquema de comunicación caótico basado en las comunicaciones individuales actuales. Elaboración propia.

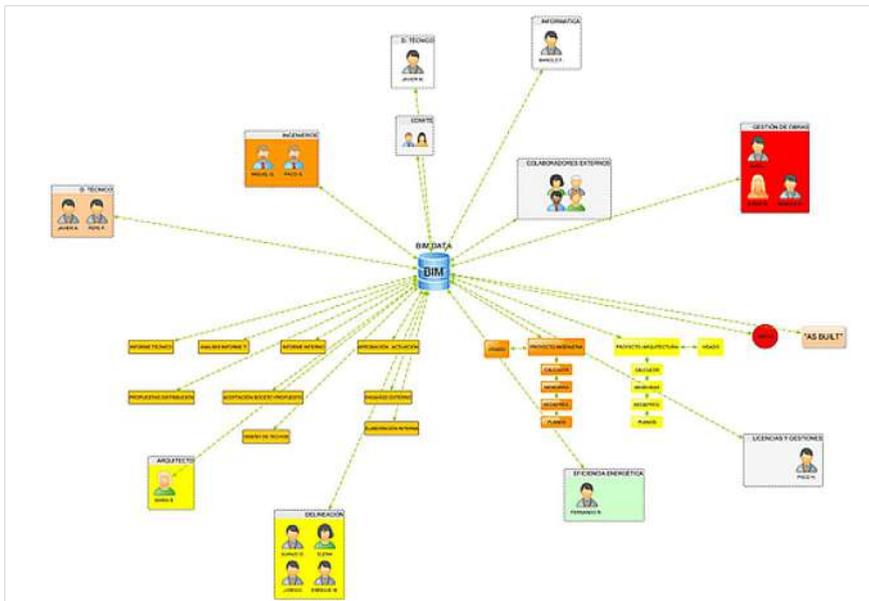


Figura 3 Esquema de comunicación trazada basado en comunicaciones colectivas. Elaboración propia.

va en cuanto a procesos e incluso en cuanto a la accesibilidad de los recursos humanos.

Sin una buena comunicación trazada, no hay control efectivo por parte de los responsables de los proyectos.

Con una buena comunicación trazada se pueden cruzar datos, realizar estadísticas, adoptar medidas preventivas y un largo etc., que puede ser usado en la mejora continua de los procesos, lo que se conoce como *Lean BIM*.



Figura 4 Esquema funcional del Trello® y Slack®. Elaboración propia.



Figura 5 Interfaz de un tablero de Trello®. Elaboración propia.



Figura 6 Interfaz de un espacio de trabajo de Slack®. Elaboración propia.

### 2.1.2. Generación de prismas colaborativos adaptados, accesibilidad BIM

El cambio de paradigma que ha supuesto la revolución tecnológica ha propiciado que las personas, empresas, organismos públicos, etc., hayamos tenido que adaptarnos de una forma exponencial a las demandas actuales del mercado.

En el sector AECO, la revolución tecnológica ha propiciado que la industrialización de los procesos obligue a implantar modelos colaborativos de gestión, olvidando muchas veces que estos se deben adaptar a las personas lo máximo posible, propiciando que la digitalización sea inclusiva y no exclusiva.

En base a este concepto, se establece la necesidad de generar "prismas colaborativos" para que la adaptación del sector sea progresiva dentro de las capacidades reales que este presenta en la actualidad. (Figura 7)

Es necesario, por tanto, establecer entornos adaptados para que agentes relacionados con el sector de una manera directa e

indirecta, puedan participar en el flujo de trabajo en tiempo real, optimizando costes y procesos. Se alimenta, de esta forma, la capacidad de reacción mediante el cruce de datos derivados de la agricultura de los mismos (siembra, mantenimiento y recolecta), que materializa las necesidades actuales en cuanto a sostenibilidad y optimización de recursos.

Aquellos que antes no participaban de forma activa, tienen una gran oportunidad de aportar conocimiento y experiencia.

Profesionales de probada solvencia, que antes no participaban de forma proactiva, ahora pueden hacerlo mediante una herramienta muy potente que conocen a la perfección: Microsoft Access®. Es mediante esta herramienta y un entorno común de datos adecuado en donde podrán participar elaborando peticiones de presupuestos, pedidos, certificaciones y un largo etc.

Microsoft Excel® es la herramienta más BIM que hay actualmente por tener gran interoperabilidad, a parte de una más que evidente accesibilidad BIM



Figura 7 Esquema funcional de las prismas colaborativos. Elaboración propia.

Con esta herramienta podemos recolectar los datos a pie de obra que antes se nos escapaban en albaranes, recibos y documentación propia de la obra.

Como ejemplo, un encargado de obra o un jefe de obra de una contrata pueden, mediante una hoja de cálculo de "Google Sheet", sincronizado con una hoja de cálculo de Excel previamente exportada con un esquema funcional de parámetros, introducir todos los datos que se estimen necesarios y sean relevantes para la toma de decisiones en tiempo real. (Figura 8)

Es muy importante tener claro el esquema de los datos necesarios, como mantenerlos y poder consultarlos de una manera eficaz, todo ello se puede englobar en lo que se denomina "**Agricultura de Datos**" (Siembra, Mantenimiento y Recolecta)

A posteriori, este archivo Excel, se sincroniza con el modelo obteniendo un cruce de datos gráficos y numéricos que actualmente no recolectamos en bases de datos.

Estableciendo el prisma colaborativo adecuado, en este caso una vista virtualizada del

modelo en la que se pueden comprobar visualmente, con un recorrido visual o inmersivo, todos los aspectos contemplados en el modelo, pudiendo de esta manera involucrar a personas que no tengan nociones técnicas y poder así tomar decisiones en tiempo real, eliminando de esta forma la incertidumbre que se generan en las vistas técnicas del software de modelado y en los planos técnicos. (Figura 9)

Mediante la técnica de la realidad aumentada "AR", posible hoy día con los teléfonos móviles inteligentes, podemos virtualizar esquemas técnicos contemplados en planos para una mejor comprensión y planificación de estos. (Figura 10)

Es posible generar un prisma colaborativo adaptado para satisfacer las necesidades del personal no cualificado en herramientas BIM, para que de esta forma tengan acceso al modelo que se está gestionando desde el CDE o entorno común de datos. Esta herramienta es muy accesible y gestionable en multiplataforma vía web. (Figura 11)

La gestión en un CDE o entorno común de datos mediante un gestor documental, como

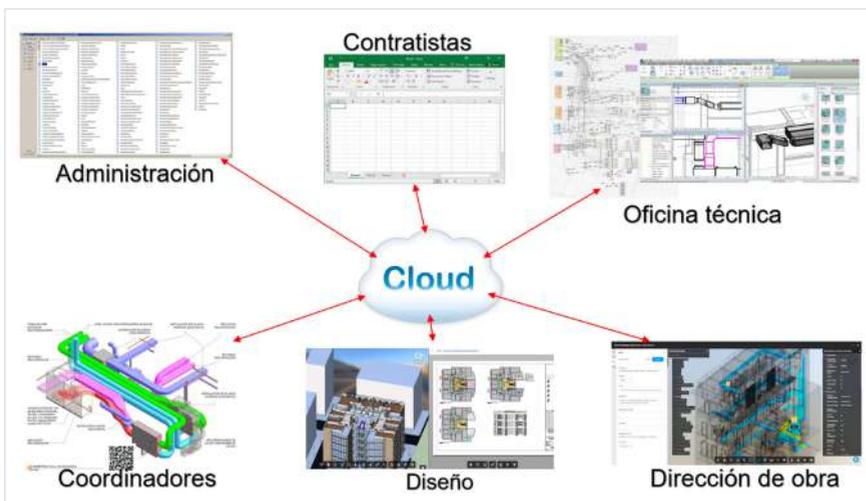


Figura 8 Interfaz de Microsoft Access@, base de datos de un archivo de Autodesk Revit@. Elaboración propia.

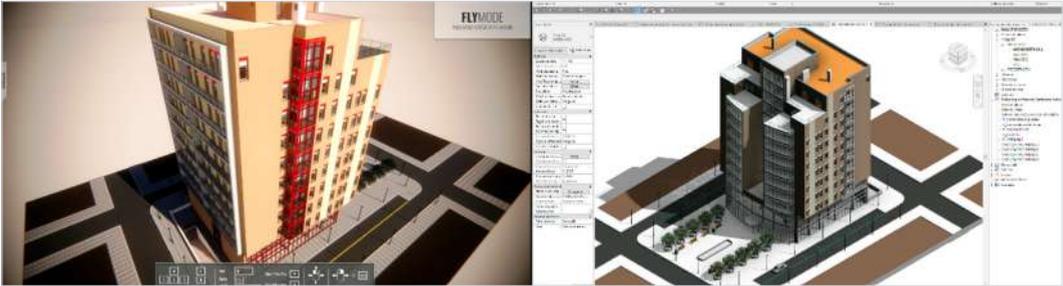


Figura 9 Interfaz de un plugin de Autodesk Revit® denominado Enscape®, se aprecia la vista virtualizada, a la izquierda y la vista del modelo a la derecha. Elaboración propia.

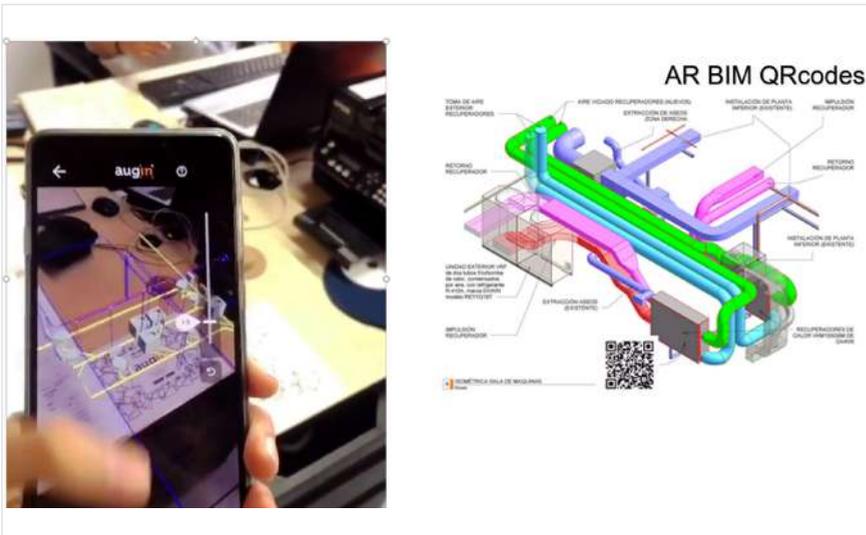


Figura 10 Escaneado de un código QR que enlaza con una aplicación móvil que genera un modelo virtualizado que podemos superponer con la realidad física. Bim Learning 2017.



Figura 11 Interfaz del visualizador online de Autodesk®. Elaboración propia.

la herramienta de Autodesk BIM360docs® elimina la incertidumbre y optimiza los procesos en tiempo real. Es muy importante el concepto de que la información sea única y no esté dispersa, de esta forma será posible la trazabilidad, cruce de datos y gestión de procesos en tiempo real. Esto es posible gracias a la capacidad multiplataforma que ofrece este software. (Figura 12)

Es posible consultar los datos de todo tipo, que en tiempo real están siendo adaptados a través de esta plataforma. El esquema de trazabilidad de esta herramienta que forme parte del flujo colaborativo BIM de una forma accesible y eficaz, adaptando los datos en modo gráfico o numérico según interese. (Figura 13)

### 2.1.3. Estudio previo del proyecto y análisis de interferencias "clash" con metodología BIM

El análisis de interferencias o los denominados "clash" hace de las herramientas BIM de modelado o gestión de calidad de modelos, nos puedan ofrecer desde diferentes ámbitos o prismas colaborativos aspectos tan relevantes como eliminar la incertidumbre para optimizar procesos. (Figura 14)

El análisis de interferencias con metodología #BIM en tiempo real puede evitar errores humanos con lo que el tema de la sostenibilidad cobra valor cuando podemos virtualizar conflictos que antes se nos escapaban por usar tecnología 2D.

La trazabilidad de las interferencias puede generarse dentro del entorno común de datos en cualquier prisma colaborativo, siendo de esta forma accesible en tiempo real para todos los miembros del equipo.

El análisis de interferencias se puede usar en fases tempranas de proyecto, así como en ejecución de obra, incluso "as built"

El análisis de interferencias con las herramientas de control de calidad del modelado está pensado más para la ejecución en el momento del control de la ejecución de la obra, destacando de él la gran interoperabilidad con otros softwares. (Figura 15)

### 2.1.4. La necesidad de un entorno común de datos CDE

Con los sistemas de gestión de datos actuales en donde se genera incertidumbre

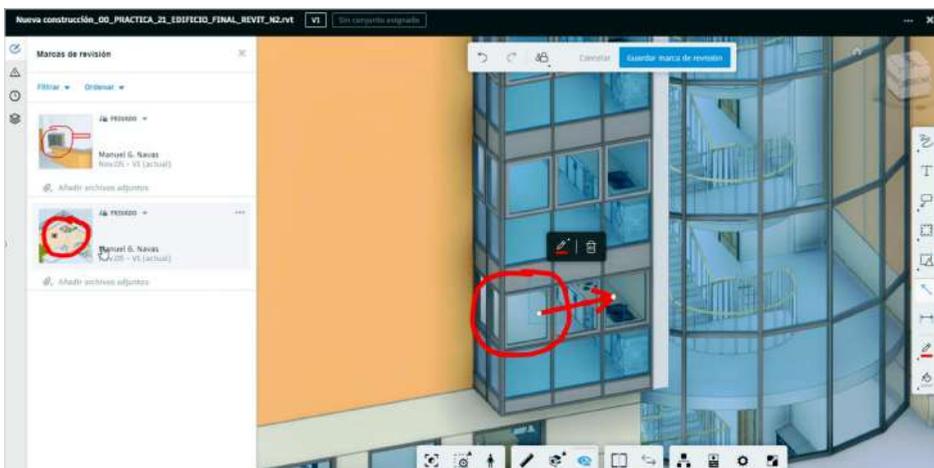


Figura 12 Interfaz de Autodesk BIM360docs®. Elaboración propia.



Figura 13 Interfaz de Autodesk BIM360docs@. Elaboración propia.

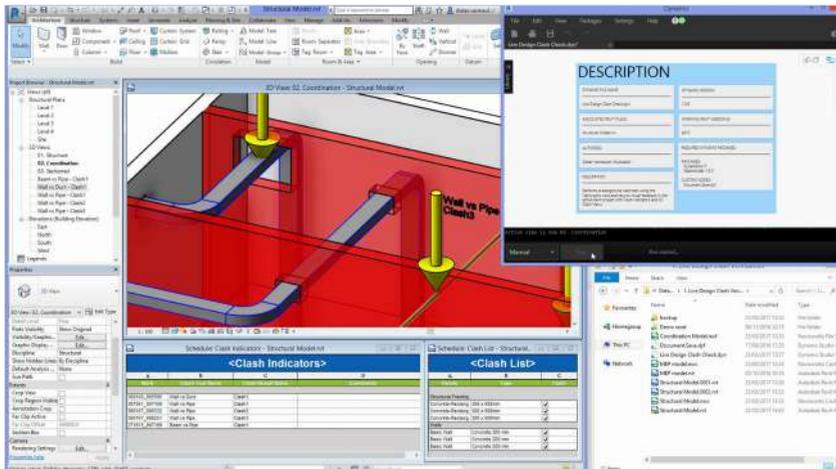


Figura 14 Interfaz de Autodesk Revit® y Dynamo® para análisis visual de interferencias. <https://blogs.autodesk.com/2017>.

por la dispersión de datos en la DEO, nace la necesidad de establecer un entorno común de datos para optimizar la gestión de datos analizado en profundidad en temas anteriores.

Gestionar de forma colaborativa los datos y documentos de un proyecto BIM con Common Data Environment (CDE) o Entorno de Datos Colaborativo en la nube.

Para trabajar en DEO en un entorno BIM, es necesario gestionar la información de forma estructurada y el intercambio de datos y documentos. Es por esto que es fundamental

contar con CDE que ofrezca un entorno seguro, ágil y estructurado.

Es una herramienta que permite a los diferentes agentes implicados en la DEO trabajar de forma interconectada en la nube. Se puede recopilar, gestionar y difundir información y datos de un proyecto entre diferentes equipos.

### Ventajas en la DEO

La información pertenece a aquél que la produce, es decir, solo la puede modificar su autor. Sin embargo, esto no impide que cualquiera la pueda compartir y reutilizar.

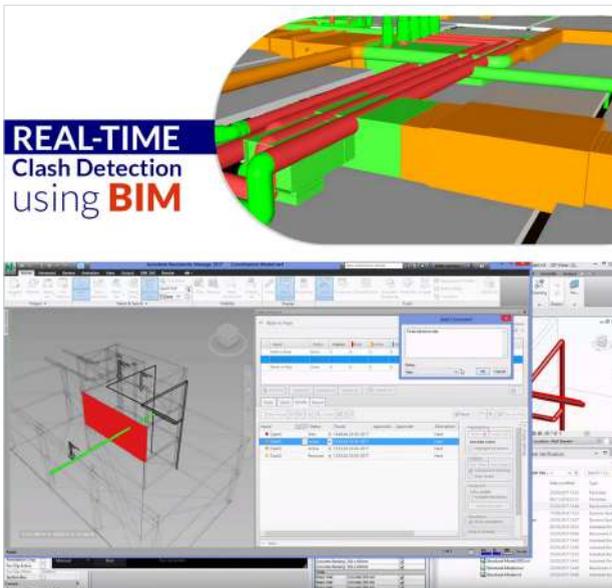


Figura 15 Interfaz de la herramienta de Autodesk Navisworks para análisis visual de interferencias. <http://blog.bimengus.com/> 2018

La gran potencialidad de la revolución digital es, sin duda alguna, su capacidad inclusiva en un mercado en el que no todos los agentes que forman parte del proceso pueden actualizarse de una manera inmediata, conocido como prisma colaborativo, los nuevos procesos permiten que podamos convivir en un ecosistema digital complejo.

De una manera simple, la computación en la nube (Cloud Computing) es una tecnología que permite acceso remoto a software, almacenamiento de archivos y procesamiento de datos por medio de Internet, siendo así, una alternativa a la ejecución en un ordenador personal o servidor local.

Al disponer de un CDE te asegurarás:

- Que la información sea generada una sola vez.
- Que la información se use todas las veces que sean necesarias por los diferentes equipos.
- Trabajar sobre las actualizaciones aprobadas.
- Que la información se vaya enriqueciendo de forma ordenada a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

#### 2.1.5. Cloud Computing: trabajo colaborativo en tiempo real a través de la nube

Las nuevas tecnologías, están siendo claves en el desarrollo de un sector que evoluciona de forma vertiginosa, *Big Data*, Inteligencia Artificial (IA), Internet de las cosas (IoT), Cloud Computing, Realidad Aumentada (AR), Realidad Virtual (VR), Realidad Mixta (MR), *Blockchain*, BIM, *Point Cloud*, son algunos de los ejemplos de nuevas tecnologías que están afianzándose en el sector de una manera muy clara.

¿Qué es y para qué sirve el Cloud Computing?

El Cloud Computing o computación en nube significa que el hardware y software es proporcionado como un servicio de otra empresa a través de Internet, por lo general de una manera completamente transparente. Este nuevo término promete varias ventajas atractivas para las empresas y los usuarios finales.

¿Cuáles son las ventajas y desventajas del Cloud Computing?

Se trata de un modelo de servicios que almacena de manera permanente toda la información de una empresa en servidores en Internet. Como desventaja la necesidad de estar conectado a internet en lugares remotos, posiblemente sin conexión convencional y la continua transformación del interfaz y servicios que ofrece haciendo obligatorio que tengamos que estar en formación y coordinación continua. (Figura 16)

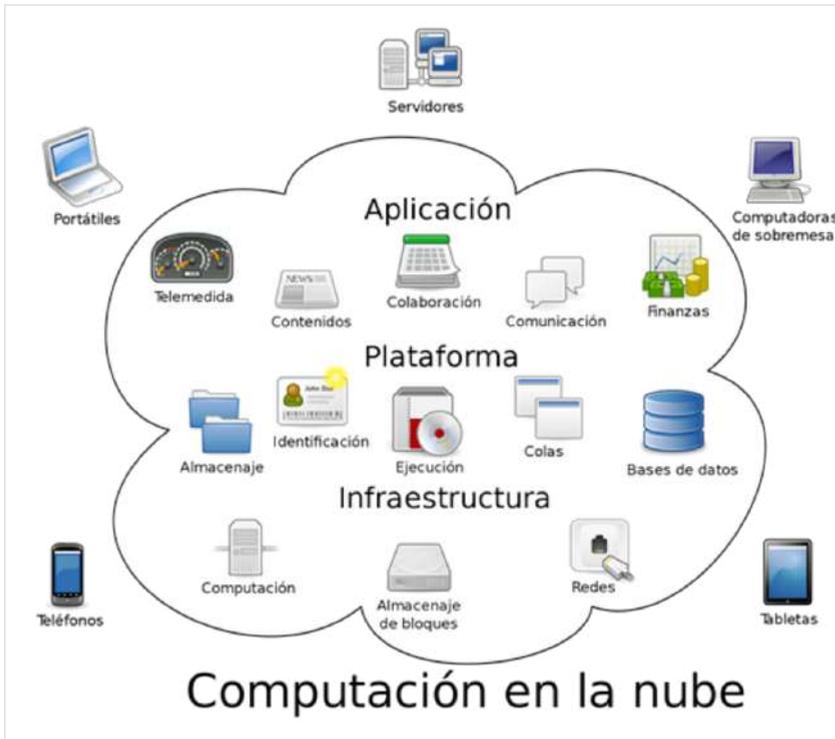


Figura 16 Esquema de computación en la nube. Wikipedia 2018.

### ¿Cómo funciona la nube de información?

La computación en la nube implica mover parte del trabajo desde tu equipo o red de equipos locales a servidores remotos. Estos servidores almacenan los datos y programas que necesitas para trabajar, de manera que es posible acceder a ellos desde cualquier dispositivo conectado a internet en cualquier parte del mundo.

La multilocalización es lo que diferencia la computación en la nube de la simple tercerización y de modelos de proveedores de servicios de aplicaciones más antiguos. Ahora, las pequeñas empresas tienen la capacidad de dominar el poder de la tecnología avanzada de manera escalable.

La computación en la nube ofrece a los individuos y a las empresas de todos los tamaños la capacidad de un pool de recursos de computación con buen mantenimiento, seguro, de

fácil acceso y bajo demanda, como servidores, almacenamiento de datos y solución de aplicaciones. Eso proporciona a las empresas mayor flexibilidad en relación a sus datos e informaciones, que se pueden acceder en cualquier lugar y hora, siendo esencial para empresas con sedes alrededor del mundo o en distintos ambientes de trabajo. Con un mínimo de gestión, todos los elementos de software de la computación en la nube pueden ser dimensionados bajo demanda, solo se necesita conexión a Internet.

*Serverless Computing.* Las arquitecturas sin servidor se consolidarán como estándar de facto para desarrollar aplicaciones nativas en la nube. Han ido ganando adeptos desde la incorporación a su oferta por parte de los principales proveedores de servicios en la nube pública: Amazon Web Services (AWS) ya introdujo AWS Lambda en 2015, y le siguieron Azure Functions de Microsoft y Cloud Functions de Google.

“*Serverless Computing* seguirá avanzando porque permite a los equipos de tecnología olvidarse del aprovisionamiento de servidores, de su gestión y mantenimiento, que queda en manos del proveedor de servicios”.

Inteligencia Artificial y Machine Learning (ML). Desde hace un par de años, los grandes proveedores de servicios en la nube han apostado por servicios de *Machine Learning* e Inteligencia Artificial. La tecnología hoy está preparada, y durante 2019 se abordarán proyectos que les permitan automatizar procesos y ser más inteligentes.

Servicios en la nube híbrida. El anuncio del pasado noviembre de AWS del nuevo servicio AWS Outposts es una clara muestra de la apuesta que todos los grandes proveedores en este ámbito están realizando por el modelo híbrido, muy orientado a empresas y negocios que disponen de cargas de trabajo que no pueden ser migradas a la nube, pero que quieren aprovechar las ventajas de la misma incluso en sus instalaciones.

Entornos de gestión. La evolución de la tecnología en todos los aspectos, incluido la seguridad, ha favorecido que las aplicaciones principales, más críticas para cualquier organización, inicien su viaje a la nube. En 2018 hemos visto grandes migraciones de sistemas de gestión a la nube y, con toda probabilidad, en los próximos meses más empresas trasladarán sus sistemas transaccionales y la gestión de los mismos a plataformas en la nube con el objetivo de optimizar sus procesos de transformación digital y, de esta forma, poder sacar partido de otras tendencias, como IA, en el ámbito de los ERP.

Modo colaborativo de trabajo en tiempo real basado en la nube:

- Posibilidad de desconexión mediante almacenamiento previo de datos.
- Administración de usuarios
- Control de cambios en tiempo real.
- Gestión eficiente del BIM data generado.
- Comunicación “trazada” para un proceso eficiente y posterior análisis para mejoras.
- Plataforma colaborativa para la supervisión, asignación de tareas y resolución de conflictos en tiempo real.
- Inyección de código javascript a través de app personalizada mediante plataforma FORGE interconectada con BIM360 mejorando y personalizando la eficiencia del Cloud Computing.

En un “presente” no muy lejano, todos llevaremos una *tablet* a pie de obra, unas gafas de MR-AR y el papel pasará a un segundo plano.

#### 2.1.6. Lean BIM

Lean BIM se refiere a la mejora continua de procesos.

*Lean Construction* es una filosofía relativamente nueva, cuyo objetivo es mejorar la productividad en la construcción. Se basa en identificar y eliminar desperdicios, reducir costes y tiempos, resultando mejores proyectos. Entonces, ¿qué pasaría si tomamos esas ventajas de Lean y la combinamos con las de BIM? En pocas palabras, que estaríamos conectando los métodos que ofrece BIM, que automatizan flujos, con los métodos Lean que optimizan esos flujos.” (Luis Fernando Alarcón, 2013)

Analícemos cómo entra LEAN a la ecuación:

Si volvemos a los orígenes del concepto Lean, nos trasladaremos a las cadenas de producción de Toyota donde se buscaba aumentar su productividad desarrollándose una filosofía para tener procesos más eficientes y más seguros. El principal objetivo de esta nueva mentalidad era aumentar la calidad y

la productividad con experiencia y recursos limitados.

En la construcción, Lean se aplica generalmente como una metodología avanzada de gestión de proyectos y control de obras. Aunque una filosofía de reducción de desperdicios siempre está asociada con la reducción de costos, este no es siempre el caso. En pocas palabras su objetivo fundamental es: maximizar valor, minimizar desperdicios y buscarla perfección para beneficio de todos en el proyecto.

### Lean Construction + BIM

Como ya vemos, objetivos de Lean y BIM están muy ligados, Lean Construction busca crear valor a través de mejorar y perfeccionar procesos, BIM en construcción busca crear valor a través del mejorar la calidad de los datos.

Entre las muchas razones para adoptar Lean BIM están:

La construcción BIM y Lean contribuye a una mayor eficiencia. Todo lo que se haga en preparación para el proyecto será útil.

Tanto BIM como *Lean Construction* hacen que sea más fácil entender lo que el cliente valora y llevarlo a través del proceso de diseño y construcción.

Lean BIM agrega valor, reduce los costos y optimiza el flujo de valor de suministro para materiales.

Mejora el flujo de información y comunicación a lo largo.

Es esencial que los profesionales que están dirigiendo un proyecto aprendan las nuevas metodologías que se exigirán en proyectos futuros.

“Vender Lean sin BIM y BIM sin Lean es como vender un deportivo con un motor de turismo. No estamos dando todos los recursos disponibles al equipo del proyecto para que tenga éxito en eficiencia y costes”.

La trazabilidad de las comunicaciones, la trazabilidad de los entornos comunes de datos y los prismas colaborativos contribuyen al cruce de datos para poder responder a la demanda de Lean BIM.

## 3. NECESIDADES DE INFORMACIÓN EN LAS LICITACIONES

### 3.1. ¿Es obligatorio el uso del BIM asociado a la DEO en licitaciones públicas?

En la actualidad y respecto a la DEO, la administración está dando pasos para empezar a licitar obras con la metodología BIM en fase de ejecución de obra.

Siempre es conveniente analizar desde el punto de vista de “ventaja competitiva” si el añadirlo, aun no exigiéndose en pliegos técnicos, en mejoras puede resultar atractivo de cara a favorecer la posterior adjudicación

Este tema ya se ha tratado con anterioridad en temas anteriores que puedes consultar.

### 3.2. La necesidad de un proceso de adaptación previa

La necesidad de adaptación de la administración pública a la metodología BIM para poder licitarla a todos los niveles está en una fase inicial.

No se pueden barajar fechas aún pues la implantación en la administración pública está en fases muy tempranas, si bien es cierto que se están licitando los servicios externos de profesionales del sector BIM para poder dar respuesta a la demanda emergente de esta metodología en las obras públicas.

Según declaraciones institucionales se va a apostar por la transformación digital del sector por ende se traslada a la metodología BIM. Actualmente tendremos que entenderlo como una declaración de intenciones que da paso al punto siguiente.

### 3.3. La ventaja competitiva e I+D+i

Siguiendo el hilo del punto anterior y partiendo del punto de vista de la administración se puede considerar que las empresas que tengan implantada la metodología BIM o tengan pensamientos de implantarla en breve obtendrán una ventaja competitiva que se podrá trasladar en modo de mejoras a los pliegos de licitación completando aspectos que a día de hoy no se tienen en cuenta en las licitaciones BIM que se están anticipando al paraguas de una legislación de ámbito estatal tan necesaria para unificar criterios.

Es por ello que si se aporta como mejora los aspectos antes contemplados referentes al cambio de paradigma que supone la metodología BIM y que puedan dar relevancia a la dirección de obra van a ser tenidos en cuenta cómo y podrán puntuar si reúnen todos los requisitos exigibles en cuanto a la materialización real de los mismos.

### 3.4. Aporte BIM en la DEO como mejoras a la licitación

Según lo anteriormente visto en el punto 2, podrán aportarse como mejoras, si no son licitadas previamente a la licitación pública y en lo que respecta a la dirección de obra:

1. Trazabilidad de las comunicaciones
2. Generación de prismas colaborativos
3. Uso de un entorno común de datos o CDE
4. Trabajo en tiempo real a través de los servicios de la nube "Cloud Computing"
5. Lean+BIM, mejora continua y optimización de los procesos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [http://www.arquitectura-tecnica.com/PDF/LOE\\_ANT\\_DES.PDF](http://www.arquitectura-tecnica.com/PDF/LOE_ANT_DES.PDF)
- Consejo General de la Arquitectura Técnica, diciembre de 2019
- <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1999-21567>
- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, enero de 2020
- <https://www.iberley.es/temas/director-ejecucion-obra-62142>
- Iberley, portal de información jurídica, enero de 2020.
- <https://www.activatie.org/publicacion?730>
- Guía de análisis del proyecto para la dirección de la ejecución de obra, Manuel Jesús Carretero Ayuso, Mateo Moyá Borrás, Fundación MUSAAT. Fecha de publicación 21/05/2018, enero de 2020 [Última consulta]
- [https://www.construmatica.com/constru-pedia/Trabajos\\_de\\_Replanteo](https://www.construmatica.com/constru-pedia/Trabajos_de_Replanteo)
- [http://www.elorrio.eus/es-ES/Ayuntamiento/Perfil-Contratante/2014%20Proyecto%20de%20urbanizacion%20del%20vial%20y%20puente5/P1201\\_PPTP\\_005\\_V03.pdf](http://www.elorrio.eus/es-ES/Ayuntamiento/Perfil-Contratante/2014%20Proyecto%20de%20urbanizacion%20del%20vial%20y%20puente5/P1201_PPTP_005_V03.pdf)
- [http://www.coaatbi.org/COAATBIC/documentos/Repositorios/Documentos/Proyectos-ERAIKAL/ERAIKAL/cas/instrucciones\\_de\\_uso\\_y\\_mantenimiento.html](http://www.coaatbi.org/COAATBIC/documentos/Repositorios/Documentos/Proyectos-ERAIKAL/ERAIKAL/cas/instrucciones_de_uso_y_mantenimiento.html)
- Guía básica para el ejercicio profesional de la arquitectura técnica manual de buenas prácticas profesionales, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Bizkaia. Enero 2020.
- [http://www.coaatbi.org/COAATBIC/documentos/Repositorios/Documentos/Proyectos-ERAIKAL/ERAIKAL/anexos/Guia\\_Documental\\_Direccion\\_Facultativa.pdf](http://www.coaatbi.org/COAATBIC/documentos/Repositorios/Documentos/Proyectos-ERAIKAL/ERAIKAL/anexos/Guia_Documental_Direccion_Facultativa.pdf)
- Guía documental y de gestión para la dirección facultativa de la obra, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Bizkaia. Enero 2020
- <https://www.randstad.es/tendencias360/como-convertirse-en-un-gran-lider-digital/>
- Randstad marzo de 2019.



# CAPÍTULO 4

## REDACCIÓN Y CONTROL DE MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Iván Alarcón López

## 1. LA ARQUITECTURA TÉCNICA Y LAS MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

El desempeño de la profesión se puede realizar, bien por cuenta ajena como asalariado de una empresa o de la Administración Pública, o por cuenta propia, es decir, de forma liberal. A su vez el ejercicio liberal puede ser desarrollado individualmente o en asociación con otros profesionales ([www.coaatavila.es](http://www.coaatavila.es))

Se analiza la confección de mediciones y presupuestos en distintos tipos de proyectos o actuaciones y según el modo de ejercer la profesión.

### 1.1. En la redacción de proyectos o informes

#### 1.1.1. Proyectos

Un rasgo característico de la profesión es la dirección de la ejecución material, que conlleva la gestión económica de la construcción, que incluye los tradicionales aspectos de mediciones y valoraciones económicas de unidades de obra ([www.coaatavila.es](http://www.coaatavila.es)).

Los redactores de proyectos de edificación (arquitectos, ingenieros, etc.) suelen confiar y colaborar con el profesional de la Arquitectura Técnica para redactar las mediciones y presupuesto de la obra (independientemente de que después se realice la dirección de la

ejecución material). Además de elaborar las mediciones en los proyectos en los que se tiene competencia para poder firmar.

El tipo de intervenciones comprende los proyectos de nueva construcción, reforma, ampliación, de demoliciones, etc. La tipología de los edificios es muy variada: vivienda (unifamiliar: adosada o aislada, plurifamiliar: en bloque, abierta, etc.), industrial, hotelero, comercial, oficinas, etc.

En el desarrollo de esta guía se entiende como presupuesto *"La lista de las unidades de obra necesarias para definir y ejecutar el proyecto, con sus especificaciones, precios y cantidades."* (Valderrama, 2010). Es el primer tipo de presupuesto en el que se piensa cuando se habla de presupuestos y mediciones, pero como se va a ver más adelante, no es el único.

#### 1.1.2. Estudios de Seguridad y Salud

En la documentación a incluir en la redacción del estudio de seguridad y salud está el apartado del presupuesto. Los capítulos más habituales son:

- Instalaciones de higiene y bienestar
- Protecciones colectivas
- Protecciones individuales (EPIs)
- Extinción de incendios
- Medicina preventiva y primeros auxilios

Es norma habitual, en la redacción de los proyectos de edificación, que el capítulo co-

rrespondiente a Seguridad y Salud del presupuesto sea una partida alzada y un porcentaje sobre el PEM de la obra (se suele tomar como referencia el 2.5%). Es en la elaboración del estudio de Seguridad y Salud donde se define y cuantifica el presupuesto con más detalle.

Dado que la redacción de estudios de seguridad y salud entra dentro de las competencias del Arquitecto Técnico es un presupuesto que podemos firmar.

### 1.1.3. Control de calidad

En la redacción del plan (o programación) del control de calidad, con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el RD 314/2006, de 17 de marzo por el que se aprueba el CTE modificado por RD 1371/2007 (En la comunidad Valenciana está el Reglamento de Gestión de la Calidad en Obras de Edificación de la Generalitat Valenciana, se incluye el apartado de presupuesto con los capítulos de

- ensayos de materiales
- pruebas de servicio
- controles de ejecución

Este presupuesto es el detalle del capítulo correspondiente, de control de calidad, del presupuesto del proyecto de la obra. En este último, suele ser una partida alzada, con un porcentaje estimado del 0.5%.

Es un presupuesto que podemos firmar, ya que, la redacción de la programación del control de calidad entra dentro de las competencias del Arquitecto Técnico.

### 1.1.4. Tasaciones inmobiliarias

Junto con los estudios de viabilidad, no es habitual realizar un presupuesto y se obtiene el valor objetivo del inmueble por módulos base por metro cuadrado.

Estos módulos base se corrigen en función de determinados aspectos:

- Propios de la vivienda
  - Tamaño (Superficie construida y útil)
  - Número de dormitorios
  - Estado de conservación
  - Derechos: cargas, usufructos, alquileres, servidumbres, etc.
  - Distribución, instalaciones y calidades de la vivienda
- Externos
  - Localización: Estatus del barrio, infraestructuras y servicios, transporte, etc.
  - Orientación, ventilación, vistas
  - Ascensor
  - Estado del mercado

### 1.1.5. Estudios de viabilidad de la promoción

Se realiza antes de la adquisición del solar y del desarrollo del proyecto. La viabilidad de una promoción inmobiliaria es el resultado de los ingresos (el precio de venta que el mercado es capaz de asimilar en esa zona), menos los gastos (el precio de adquisición del solar y los costes de construcción y promoción,) que indicarán si es rentable económicamente la promoción.

Si bien existen aplicaciones que realizan un presupuesto estadístico en función de la zona, superficie, morfología, etc., (con un desglose de capítulos y partidas más usuales) lo habitual es utilizar módulos de costes por metro cuadrado, tipo de construcción y zona.

### 1.1.6. Informes

En sus diversas formas, ya sea como Informe Técnico, Certificado Técnico, o Dictamen Pericial, en el campo de la arquitectura y cuando se relacionan con desperfectos de la construcción o siniestros ocasionados, tiene

en su conclusión la valoración económica de los desperfectos.

Dicha valoración económica consta de las partidas con cantidades y precio, es decir del presupuesto. En el apartado 2 de este capítulo se aborda como desarrollarlo con metodología BIM.

## 1.2. Dirección de Obra

Ya se ha comentado anteriormente, que la dirección de obra es una de nuestras atribuciones más significativa, vigilando los intereses de la propiedad.

Como directores de la ejecución de la obra la LOE dice textualmente, en su Artículo 13:

*“El director de la ejecución de la obra”:*

1. *El director de la ejecución de la obra es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, asume la **función** técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y **cuantitativamente** la construcción y la calidad de lo edificado.*

2. *Son obligaciones del director de la ejecución de la obra:*

b) *Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, (...)*

e) *Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como **elaborar y suscribir las certificaciones parciales** y la **liquidación final** de las unidades de obra ejecutadas.”*

Casi todos los programas de mediciones tienen herramientas para la redacción de certificaciones, así como la generación de listados de seguimiento con propiedades personalizadas de materiales o productos de la construcción

### 1.2.1. Certificaciones

El diccionario del español jurídico define certificación de obra:

*Adm. Y Civ. Documento librado por el director de una obra en el que se acredita que la misma ha sido ejecutada y concluida conforme a lo previsto en la legislación vigente y el contrato suscrito al efecto.*

En una certificación parcial de obra se mide lo ejecutado hasta la fecha. Los precios de las partidas, aceptado entre las partes, fijan el importe de la certificación. En contratos a precio cerrado se pueden medir a porcentaje.

Como buena práctica se realizan las certificaciones a origen. La certificación en curso será la diferencia con la anterior.

En la certificación final de obra se cuantifica la totalidad de esta (en el caso de presupuesto cerrado se corresponde al 100% del contrato)

### 1.2.2. Recepción de productos de construcción

Otra de las funciones del Arquitecto Técnico es la recepción en obra de los productos de la construcción.

El presupuesto ayuda al desarrollo de esta función, al tener una relación detallada de todos los productos que intervienen en la obra, mediante los descompuestos o auxiliares de las partidas.

Las herramientas de los programas de mediciones facilitan la gestión de los productos de construcción que intervienen en la obra.

## 1.3. En la empresa constructora

El profesional de la Arquitectura Técnica dentro de la empresa constructora, además de velar por el cumplimiento de las buenas prácticas constructivas, desempeña funciones

relacionadas con las mediciones y presupuestos, entre otras:

### 1.3.1. Estudio de ofertas

El análisis de los proyectos recibidos en la empresa para licitar (de la administración pública o privados) incluye el estudio de los presupuestos. Del ajuste en la oferta depende la adjudicación, pero manteniendo el margen de beneficio (salvo por necesidades de la empresa que necesite realizar trabajos a coste).

### 1.3.2. Estudio de compras de materiales y subcontratas

La centralización de compras requiere el estudio de los presupuestos de las distintas obras de la empresa y el uso de herramientas adecuadas para dicha gestión. La visión conjunta permite negociar descuentos por grandes volúmenes en las compras de materiales o en las subcontratas.

### 1.3.3. Certificaciones

Junto con la Dirección facultativa confecciona y revisa las certificaciones y la liquidación de obra.

## 1.4. En la Administración Pública

El Arquitecto Técnico desempeña múltiples funciones dentro de la administración (ayuntamientos, diputaciones, gobiernos autonómicos, gobierno central, entidades públicas, etc.). Las relacionadas con las mediciones y presupuestos son:

### 1.4.1. Control de certificaciones

Cuando la administración está ejecutando una obra cuenta con la dirección facultativa para salvaguardar sus intereses. El técnico de la administración realiza las funciones de interlocutor con la dirección facultativa y labores de revisión de las certificaciones y recepción final de obra.

### 1.4.2. Redacción y análisis de licitaciones

Cuando los proyectos, y presupuestos, de las obras de la administración se licitan, el técnico de la administración participa en la redacción de los requerimientos de la administración, los pliegos, dónde quedan determinadas las obligaciones y derechos de las partes.

El artículo 102 Precio, apartado 3 de la ley de Contratos del Sector Público (Ley 9/2017) concreta que:

*3. Los órganos de contratación cuidarán de que el precio sea adecuado para el efectivo cumplimiento del contrato mediante la correcta estimación de su importe, atendiendo al precio general de mercado, en el momento de fijar el **presupuesto** base de licitación y la aplicación, en su caso, de las normas sobre ofertas con valores anormales o desproporcionados*

Es el profesional de la Arquitectura Técnica uno de los técnicos cualificados para realizar esta labor, así como, la aplicación de los criterios de adjudicación, en el apartado de mediciones y presupuestos, cuando se realiza el análisis y valoración de las ofertas recibidas.

## 1.5. En la Docencia

El profesional de la Arquitectura Técnica puede actuar como profesor de enseñanza primaria, secundaria y universitaria con arreglo a la normativa vigente, y dando formación especializada, no reglada, a otros profesionales.

En el campo de las mediciones y presupuestos se centra en la enseñanza universitaria y en la formación especializada no reglada.

## 2. MEDICIONES Y PRESUPUESTOS CON METODOLOGÍA BIM

Cuando se utiliza la metodología BIM en las mediciones se establece un vínculo entre el

modelo y el presupuesto. En realidad, entre las mediciones del presupuesto y el modelo. La valoración del presupuesto no tiene relación con el modelo, sigue dependiendo de la experiencia del que realiza el presupuesto, y el coste de la obra de factores externos como imprevistos, huelgas, inclemencias meteorológicas, etc.

Las ventajas de adoptar mediciones BIM en nuestro flujo de trabajo las enumera la Guía de Uso de Modelos para Gestión de Costes de la Comisión es.BIM del Ministerio de Fomento

*“Con la metodología BIM para la extracción y elaboración de mediciones y presupuestos, se pueden obtener las siguientes ventajas:*

- *Mediciones precisas y fiables en las diferentes etapas de proyecto.*
- *Actualización automática de dichas mediciones desde las modificaciones del modelo.*
- *Generación de informes, mediciones y presupuestos, siendo capaz de generar informes diferentes para diferentes fines.*
- *Transmisión de datos, desde la fase de proyecto, para su uso en fases sucesivas (licitación, construcción, fabricación, estado final de mediciones).*
- *Mejorar la visualización de los elementos medidos en proyecto o certificados en fase de obra, pudiendo recorrer la trazabilidad de dichas mediciones o certificaciones, reduciendo el tiempo de discusiones sobre éstas entre los distintos agentes en las fases de licitación o construcción.*
- *Mejorar la comunicación y colaboración entre los miembros del equipo.*
- *Explorar más fácilmente diferentes opciones de diseño y conceptos desde el punto de vista del presupuesto.*
- *Mejorar la gestión de la base de datos de costos, que es el propio modelo, reduciendo la pérdida de información.*
- *Mejorar el flujo de caja de las inversiones, programando la fase de construcción con la metodología BIM.*
- *Anticipar e informar, con un alto grado de precisión y rapidez, de las implicaciones en costes que tendrán las modificaciones y variaciones de proyecto.*
- *Resolver con mayor agilidad y precisión disputas y reclamaciones de contratistas. Evitando precios contradictorios.*
- *Aumentar la calidad del proyecto dando la mayor coherencia a los diferentes documentos de proyecto: planos, memoria, pliego de condiciones y presupuesto.”*

Quando se estable la vinculación entre las mediciones del presupuesto y el modelo, cada objeto del modelo se une a una línea de medición (o varias líneas de medición, si se realizan mediciones indirectas) a partir del código (o de los códigos) de relación asociados al objeto. A cada línea de medición se puede asociar cualquier propiedad que se considere significativa del elemento (planta o nivel, longitud, área, volumen, espacio, etc.). (Figura1)

A diferencia de la medición tradicional, en la medición BIM el usuario no mide los objetos, es la herramienta de modelado la que tiene las propiedades de cuantificación de los objetos o elementos (longitud, largo, ancho, etc.). El usuario asigna las propiedades necesarias para asignar las mediciones a los elementos:

- *Código de relación: Independientemente del programa de mediciones o de la base de precios que se utilice, cada partida en el presupuesto tiene un código de partida. Al asignar este código, a un parámetro del elemento, se está indicando a que partida se quiere asociar y cree una línea de medición. No es conveniente utilizar el código jerárquico de la partida, ya que cambia según el orden o el capítulo en el que se encuentra.*

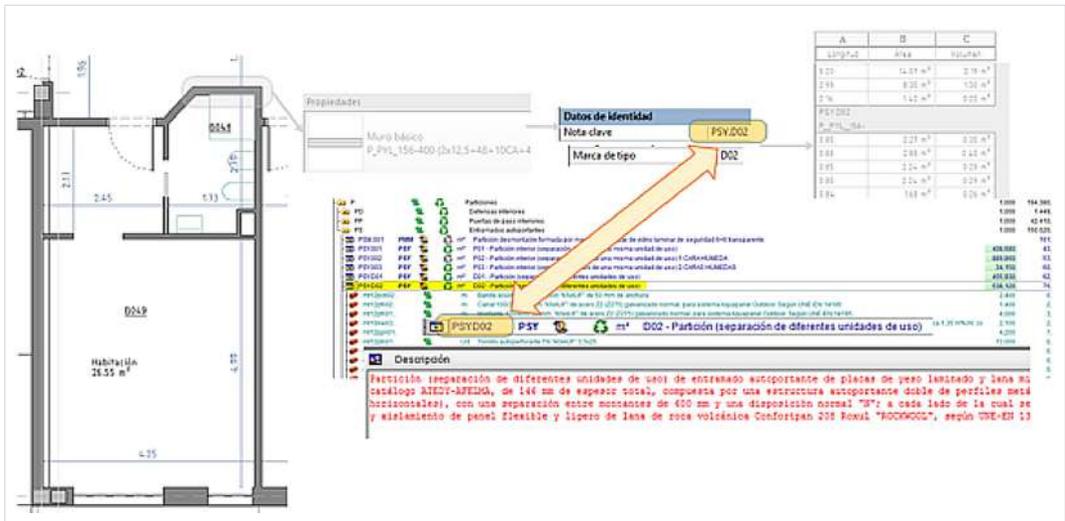


Figura 1. Relación entre la propiedad del objeto y el código de la partida. Elaboración propia

- **Combinación.** Es el conjunto de parámetros que indica cómo se mide ese objeto. A cada una de las columnas de la línea de medición, se le asocia un parámetro del objeto. (Figuras 2 y 3)
- **Filtros.** Cuando la herramienta de modelado permita parámetros de tipo, el código de relación se asigna, generalmente, a un parámetro de tipo. Con ello se garantiza la fiabilidad de la información. Al colocar nuevos elementos de ese tipo en el modelo, la asignación de la medición es correcta, así como el cambio de partida para

todos los elementos del tipo. Los códigos de medición de determinados elementos no dependen solo del tipo, dependen de otros aspectos del ejemplar como la posición, altura de ubicación, etc. En estos casos el parámetro para el código de medición se debe asignar a un parámetro de ejemplar, dependiendo de los parámetros del ejemplar que condicionan la partida. En el apartado 9.2.3 MODELAR CON EL OBJETIVO BIM DE EXTRACTAR LAS MEDICIONES, de la Guía de Uso de Modelos para Gestión de Costes, Comisión es.BIM,

Tag	Espacio	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula
			1	2	3	4	
<input type="checkbox"/>	Spc0010						
<input type="checkbox"/>	Spc0010	PLANTA PISO	1	7,150	4,120		
<input type="checkbox"/>	Spc0010		1	3,480	3,770		
<input type="checkbox"/>	Spc0010		1	2,680	2,640		

Figura 2. Líneas de medición programa Presto. Elaboración propia

Loc	Comentario	Fórmula	1	A	2	B	3	C	4	D
				Uds.	Largo	Ancho	Alto			
AS1										
1	Solar		1	40,00	25,00					
[1]										

Figura 3. Líneas de medición programa Arquímedes. Elaboración propia

se hace referencia al ejemplo de un falso techo. En la figura inferior "la zona 'A' de falso techo tiene un precio superior a la zona 'B', debido a la posición respecto al suelo, medios auxiliares más caros y rendimiento de la mano obra inferior" lo que implica que la partida de la zona A es distinta de la zona "B".

- Comentarios. Información asociada a la línea de medición. Dependiendo del programa de mediciones a utilizar, permite que tenga campos personalizados la línea, o se agrupan en el campo comentarios

Existen en el mercado gran variedad de software especializado de mediciones (Arquímedes de Cype, Presto de RIB Spain, Menfis de Prosoft, TCQ de ITEC, Gest de Artech, etc.) a disposición del profesional de la Arquitectura Técnica que realiza los presupuestos. Casi todos ellos han desarrollado módulos BIM de conexión con herramientas de modelado BIM, o directamente con IFC, que automatizan estos procesos.

No siempre se dispone de modelos con el suficiente nivel de desarrollo para obtener unas mediciones directas por elementos del mismo, bien porque se encuentra en fase de anteproyecto o básico, o porque no se ha considerado necesario. El uso de espacios (habitaciones, áreas) o recurrir a mediciones indirectas, permite extraer información con la suficiente precisión para completar elementos no modelados. Rodapiés, cornisas, revestimientos y falsos techos se pueden medir recurriendo a las habitaciones. El rodapié o cornisas como el perímetro

del espacio. Revestimientos de suelo y techo como la superficie, y los revestimientos de pared como el área lateral (perímetro por altura). En fases muy tempranas del proyecto los espacios permiten obtener mediciones indirectas a partir de los mismos. Por ejemplo, en un hotel, a partir de los tipos de habitaciones (simple, doble, suite, etc.) se pueden inferir el número de mecanismos eléctricos (interruptores y enchufes), las luminarias, armarios, muebles, etc., y asignar las partidas correspondientes al espacio, sin necesidad de que estén modelados los elementos. Para poder utilizar los espacios y obtener mediciones con la suficiente precisión se requiere que los espacios sean uniformes: que tenga un solo revestimientos de techo, de suelo y de pared. Cuando se combinan varios revestimientos en un elemento se aconseja modelar los elementos y medir por elemento. (Figura 4)

Un ejemplo de obtener mediciones indirectas de ciertas partidas a partir de otros elemen-

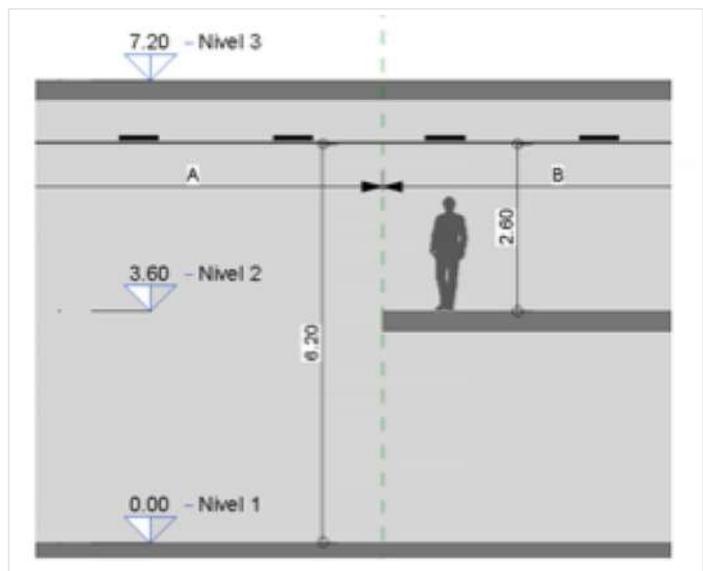


Figura 4. Mismo tipo de falso techo que tiene distintas alturas de colocación (de la Guía de Uso de Modelos para Gestión de Costes, Comisión es.BIM) Coautores José Manuel Zaragoza y José Miguel Morea

tos modelados es el acero. A un muro de hormigón se le asigna generalmente la partida de hormigón armado asociado a su volumen. Si se dispone del dato de la cuantía de acero (kg de acero por metro cubico de hormigón) de cada elemento del modelo se puede asignar al muro la partida del acero asociado a la cuantía por el volumen.

Otro ejemplo de obtención de mediciones a partir de otros elementos modelados es el vierteaguas. Al modelar el contenido BIM de la ventana se pueden crear parámetros calculados que representen el objeto, a partir de otros parámetros del objeto BIM, sin necesidad de modelar el objeto que se quiere medir y con la misma precisión que si estuviera modelado. Se puede crear un parámetro "Longitud de vierteaguas" a partir del parámetro "Anchura" más una constante (5 cm por lado= 10 cm). A la ventana además de la partida de ventana (por unidad o metro cuadrado) se puede asociar la partida de vierteaguas asociada al parámetro creado "Longitud de vierteaguas". Del mismo modo se procede con el vidrio de la ventana, o el cajón de persiana.

En el documento 7, Mediciones BIM, de la guía de Usuarios de la buildingSMART se menciona que no todas las mediciones pueden obtenerse del modelo, y que por usar BIM no se solucionan todos los problemas relacionados con las mediciones.

*"Sin embargo, un BIM no resuelve completamente los problemas que aparecen en una extracción de mediciones ni todas las mediciones que se necesitan en un proyecto pueden ser extraídas de un BIM. La habilidad profesional del especialista en mediciones se sigue necesitando para evaluar la validez de los datos y materiales de origen, asegurando una cobertura completa de la extracción, pro-*

*poniendo soluciones alternativas y analizando los resultados"*

Hay que llegar a un compromiso entre:

- El nivel de desarrollo del modelo para la extracción directa mediciones por elementos, y que elementos se pueden no modelar y obtener mediciones indirectas o por espacios con suficiente precisión. No hay que olvidar otros propósitos del modelo o requerimientos del cliente, que pueden hacer que se modelen esos elementos. Por ejemplo, el rodapié. Obtenido por perímetro de habitación para las mediciones, pero en los requisitos del cliente se especifica que debe estar modelado.
- La coherencia entre el grado de definición de partidas y el nivel de desarrollo del modelo. Si se desarrolla un modelo específico para mediciones (sin tener en cuenta otros usos o necesidades), y no se tienen que elaborar y definir las partidas (están ya definidas), y se observa que hay muchas partidas que están llenas de los famosos "incluso parte proporcional de..." se puede adecuar el nivel de desarrollo del modelo simplificándolo al nivel de definición de la partida. Por ejemplo, la medición del forrado del frente del forjado en fachada. La partida puede estar definida como "m<sup>2</sup> de fachada incluso parte proporcional de forrado de forjado". En este caso lo más práctico es modelar la fachada desde la cara superior del forjado inferior, hasta la cara superior del forjado superior, ya que se obtienen los metros cuadrados que espera la partida, incluyendo los frentes de forjado. En otro caso puede ocurrir, que, por necesidades de compra de materiales, subcontratas, etc., se necesite que exista la partida de m<sup>2</sup> de fachada (sin incluir forrados) y la partida de ml de forrado de frente de forjado de 30 cm. En esta ocasión la obtención de manera indirecta de los frentes

de forjado a partir de los muros de fachada no es simple, ya que no todos los muros de fachada generan frentes de forjado y se puede asociar los metros lineales de muro de fachada a la partida de forrado de frentes de forjado. Para una correcta medición de ambas partidas se modelará la fachada desde la cara superior del forjado inferior, hasta la cara inferior del forjado superior. Y con otro tipo de muro se modelará un muro que represente el forrado desde la cara inferior del forjado hasta la cara superior del mismo forjado. Los metros cuadrados de fachada son los correctos sin incluir los frentes de forjado, y los metros lineales de forrado también y se corresponden, de manera directa, con los metros lineales de los muros del tipo forrado de frente forjado

Por lo general se aconseja medir por elemento de manera directa, ya que, además de ganar en precisión, cada elemento del modelo tiene un único código de medición, (existiendo una relación unidireccional entre objetos del modelo y partidas y líneas de medición). Si el elemento tiene un único código de medición se simplifica la realización de detalles del modelo (o secciones constructivas).

Para la correcta aplicación de los criterios de medición, hay que saber cómo mide nuestro programa de modelado (que guarda en las

propiedades). Por ejemplo, la superficie de un muro en Revit es la superficie neta (deducidos huecos). Los programas de mediciones vinculados con Revit calculan la superficie bruta del muro, sumándole la superficie de huecos, para que el usuario pueda elegir el criterio de deducción de huecos. Lo mismo ocurre, por ejemplo, con el duplicado de esquinas de muros.

En la Figura 5 se observa que desde Revit no se ha exportado con el nombre correcto GrossSideArea y GrossVolume y ha duplicado NetSideArea y NetVolume.

Los programas de modelado suelen definir ciertos elementos por capas (como los muros, suelos, cubiertas y techos). La estructura de datos de IFC también permite la definición de esos elementos por capas. Cuando determinadas capas se pueden asociar a partidas independientes no se cumple la máxima anterior. Por ejemplo, un muro de cerramiento de fachada compuesto por hoja exterior, aislamiento y hoja interior, en fases tempranas de proyecto (anteproyecto, básico), se puede modelar como un muro por defecto, sin capas. En este caso, se asocia al muro distintos códigos de medición para cada partida, pero la medición de todas las partidas asociadas tendrá la misma, la superficie, o volumen, o longitud, etc., del muro. En fases más avanzadas el muro se puede modelar con todas

Cotas	
Longitud	2,0000
Área	4,320 m <sup>2</sup>
Volumen	0,994 m <sup>3</sup>

BaseQuantities	
Height	3.0000 [Metre]
Length	2.0000 [Metre]
Width	0.2300 [Metre]
GrossFootprintArea	0.4600 [Square Metre]
NetVolume	1.3800 [Cubic Metre]
NetSideArea	6.0000 [Square Metre]
NetSideArea	4.3200 [Square Metre]
NetVolume	0.9936 [Cubic Metre]

Figura 5. Propiedades de un muro. Revit a la izquierda y en IFC a la derecha. Elaboración propia

las capas que lo componen. En este caso, si la herramienta de modelado permite uniones o diferencias con otros elementos del modelo, o permite modificar alturas de capas, cada capa puede tener una medición diferente de la del muro. Al exportar a IFC, el muro mantiene esas diferencias por capas. Se puede asociar la medición de una de las partidas al muro y el resto asociarlas a la capa (material). En la imagen inferior se puede ver un muro, modelado en Revit, en la que se ha modificado la altura a una de las capas y se ha eliminado la intersección con el suelo. Con ello se consigue que cada partida tenga la medición real de su capa. (Figura 6)

Los suelos (y las cubiertas) suelen modelarse, en fase del proyecto avanzadas, separando

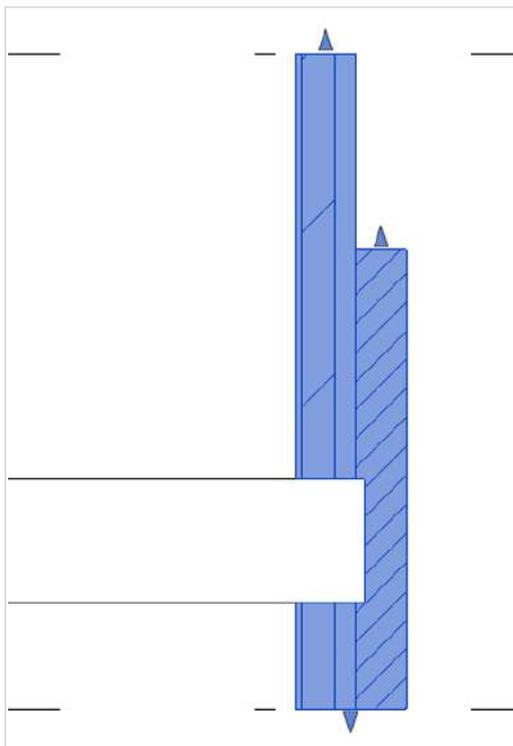


Figura 6. Muro modelado en Revit con capas. Elaboración propia.

funciones: capas de acabado superior, capas de nivelación y/o aislantes, forjados, y capas de acabado inferior -techos). Los muros también permiten modelarse de manera independiente, pero generan varios problemas: no se obtiene los cálculos de parámetros energéticos correctamente, al estar separado (si bien esto también pasa con los suelos y cubiertas) y se complica el modelado del contenido BIM que se aloja en los mismos (puertas y ventanas), ya que solo un muro puede ser el anfitrión de la puerta. En este caso, la puerta o ventana hay que modelarla de modo que permita pasar medidas de los desfases a un lado y otro del muro para poder ajustar los galces, premarcos, marcos, tapajuntas a la totalidad de los muros. Cuando se modela el muro por capas la puerta o ventana se ajusta automáticamente al total del espesor del muro.

### 2.1. En la redacción de proyectos o informes

#### 2.1.1. Proyectos

El propio listado de elementos del modelo proporciona la lista de las unidades de obra necesarias para definir y ejecutar el proyecto. La lista de unidades de obra del presupuesto permite chequear los elementos modelados, si hay que añadir nuevos elementos. Los elementos modelados controlan si son necesarias nuevas partidas en el presupuesto. Como se ha comentado anteriormente se vinculan los tipos del modelo con partidas (se elige la combinación de parámetros que define como se mide, y los filtros) y las líneas de medición se obtienen automáticamente. En función de la fase del proyecto en la que se encuentre, y por tanto el nivel de desarrollo del modelo, se podrán asignar más partidas del presupuesto, o se tendrá que adaptar el presupuesto a la fase (por coeficientes de áreas)

Si colaboramos en el modelado BIM, se tendrá un conocimiento mayor del proyecto y se facilitará la labor de las mediciones. Al poder actuar desde dentro a la estandarización del modelo se interviene en la definición de los elementos a modelar, de los parámetros que definen la medición y su clasificación, etc.

Si no se ha participado en el modelado BIM, y además no se puede modificar el modelo, se está limitado a como se haya modelado, y los parámetros existentes, para obtener la medición de las partidas del presupuesto.

### 2.1.2. Estudios de Seguridad y Salud

En la realización de las mediciones de los estudios de seguridad y salud con metodología BIM se encuentran las siguientes características peculiares:

- en proyecto no se suelen modelar los elementos de protección colectiva y los medios auxiliares (andamios, redes, etc.)
- las protecciones colectivas y medios auxiliares se reutilizan durante el trascurso de la obra según sus fases.

Las ventajas que aporta esta metodología se tratan en profundidad en el tema correspondiente de la Seguridad y Salud con BIM. Si se opta por generar un modelo BIM para la seguridad y salud debe contemplar la planificación las fases de obra para poder reflejar en las mediciones la reutilización de estos.

En un modelo BIM de Seguridad y Salud se modela la colocación de una red horca en el primer forjado. Cuando se está realizando el forjado 2, no se debe borrar la del forjado uno. Se debe modelar otra en el forjado 2, indicando que pertenece a una nueva fase y que esta red ya estaba en la fase anterior. No se puede medir la red horca cada vez que aparezca en el modelo. Las instalaciones de higiene y bienestar (oficinas de obra, aseos,

vestuarios, etc.) y los medios de extinción de incendios también se deben modelar de acuerdo a la planificación de obra.

Los elementos de protección individual, y la medicina preventiva y primeros auxilios, no se modelan, y por tanto no se obtiene la medición del modelo.

### 2.1.3. Control de Calidad

Cuando el proyecto está realizado con BIM, las propiedades de los elementos del modelo permiten asignar los lotes para los ensayos de materiales, controles de ejecución o pruebas de servicio que requieren la programación y seguimiento del control de calidad, con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el RD 314/2006, de 17 de marzo por el que se aprueba el CTE modificado por RD 1371/2007. Las mismas propiedades de los elementos que permiten medir ayudan a determinar los lotes ya que normalmente se establecen por superficie o volumen y plantas, unidades, etc., y nos permiten obtener la medición de los ensayos, controles o pruebas de servicio.

Otra manera de reflejar la programación y seguimiento del Control de Calidad, en vez de usar propiedades en los objetos en los que se tiene que realizar el ensayo, es crear elementos simbólicos representando estos ensayos o pruebas. Esto puede simplificar la medición de los ensayos, pero dificulta la trazabilidad de los elementos a ensayar, ya implica tener que realizar una asignación de los objetos a ensayar a los elementos simbólicos.

### 2.1.4. Tasaciones inmobiliarias

Cuando no existe un modelo BIM del edificio y se realiza la Tasación del inmueble, se pueden utilizar modelos BIM simplificados para crear y calcular las superficies. Como se comentó anteriormente, estas superficies, que se pueden

exportar de nuestra herramienta de modelado a formato csv o directamente a Excel®, permiten obtener el valor del inmueble aplicando módulos y distintos coeficientes

**2.1.5. Estudios de viabilidad de la promoción**

Para el análisis de la viabilidad de una promoción la mayoría de los programas de modelado BIM tienen herramientas de masas, que permiten el uso de formas para conceptualizar un modelo de construcción. En Revit, por ejemplo, las masas tienen propiedades de Área y Volumen, y cuando se cortan con los niveles (plantas) generan “suelos de masa”. Cada suelo de masa tiene la superficie edificable que genera esa masa en esa planta. Además, se pueden clasificar las superficies, o volúmenes, por el parámetro “uso” del “suelo de masa” o por alguna propiedad de la masa. (Figura 7)

Una vez obtenidos las superficies y los volúmenes, el uso de módulos de precios y la clasificación permite obtener los costes de la edificación y del solar, como datos de partida para el estudio de la viabilidad. (Figura 8)

**2.1.6. Informes**

Si existe un modelo BIM del proyecto o un modelo “AsBuilt” del edificio, se puede utilizar dicho modelo, para realizar las medicio-

nes del informe con los elementos afectados y nuevos elementos a realizar, dado el caso.

Si no existe modelo se evaluará la conveniencia de la realización de un modelo “expresos”. Probablemente el uso de un modelo simplificado para apoyar argumentaciones del informe, junto con la extracción de mediciones, puede hacer interesante la creación del modelo BIM.

**2.2. Dirección de obra**

**2.2.1. Certificaciones**

El modelo BIM puede ayudar al director de la ejecución material a obtener el importe de certificaciones parciales tanto al origen como parcial, así como a que elementos del modelo pertenecen y su trazabilidad. La metodología BIM permite usar el modelo como fuente de datos centralizada y fiable entre los distintos agentes.

En la imagen inferior se puede observar una aplicación personalizada (de la consultoría iBIM Building Twice, SL) sobre Forge de Autodesk en la que se puede hacer el seguimiento de las certificaciones con el modelo BIM. Se puede elegir en número de certificación y se colorean en verde los elementos pertenecientes a dicha certificación. Para ello cada ejemplar del modelo tiene un código donde se almacena el número de certificación. (Figura 9)



Figura 7. Masa en Revit y propiedades medibles. Elaboración propia.

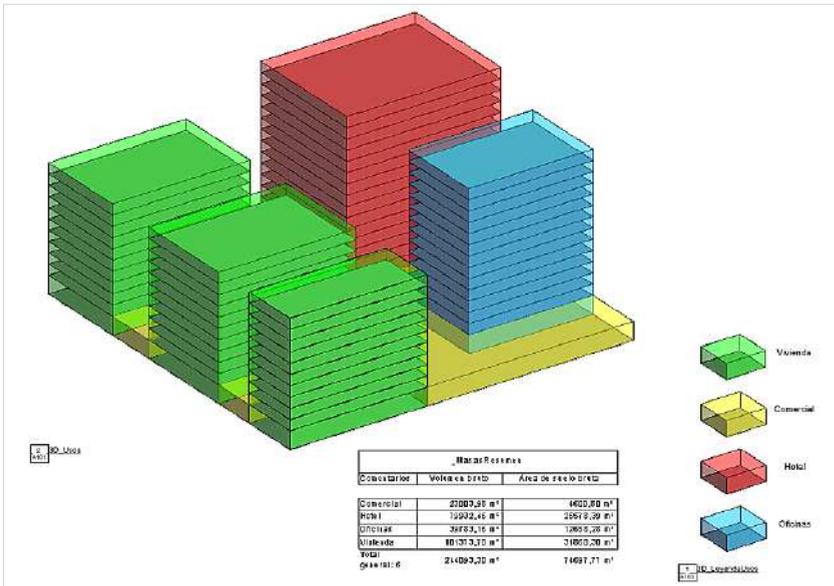


Figura 8. Plano de un estudio de viabilidad obtenido en Revit. Elaboración propia.

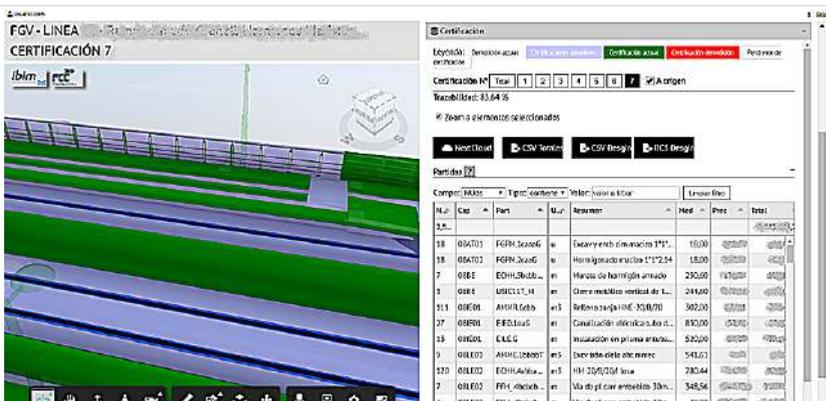


Figura 9. Visor WEB. Forge de Autodesk con personalización de iBIM. Elaboración propia.

En la imagen inferior se observa que, al elegir en el panel de arriba una partida, En el panel de abajo se muestra el detalle de la certificación. Al seleccionar una línea de la certificación se ilumina y centra el elemento en el visor. (Figura 10)

### 2.2.2. Recepción de productos de construcción

La relación del modelo y la base de precios con la que se realiza el presupuesto que tiene los descompuestos permiten comprobar que elementos del modelo están recepcionados

y usar el modelo como ayuda para la gestión de los productos a recepcionar, así como asociar la documentación (fichas técnicas, marcado CE, etc.) a los elementos del modelo.

## 2.3. En la empresa constructora

### 2.3.1. Estudio ofertas

Cuando ya existen modelos BIM del proyecto para la oferta, sirve como ayuda para comprobar las mediciones del proyecto y tomar decisiones en la oferta.

**Certificación**

3	08BE	USIC11T_M	m	Cierre metálico vertical de 1...	244,60				
111	08IE01	AMMR.6cbb	m3	Relleno zanja HNE-20/8/20	302,00				
27	08IE01	EED.1aaG	m	Canalización eléctrica tubo d...	850,00				
13	08IE01	EILE.G	m	Instalación en prisma entuba...	520,00				
9	08LE01	AMME.1bbbt	m3	Excavación trazo abt mimec	541,61				
120	08LE02	ECHM.4aaba...	m3	Hf-20/E/20/1 losa	780,44				
7	08LE02	FFH_4bcbbc...	m	Via de pl carr embebido 30m...	348,56				
4	08LE02	FFH_4bcbbc...	m	Via de pl carr embebido 30m...	40,00				

**Desglose**

Cert	ID	ID_DF	Med	Prec	Total	% PEM	PK1	PKF
7	(2 elementos 1593,26)							
					19,48	1.593,27	0,05	
7				9,74	81,79	796,63	0,02	
7				9,74	81,79	796,63	0,02	
6	(58 elementos 47624,70)							
5	(30 elementos 12.441,94)							
4	(10 elementos 2172,35)							
					26,56	2.172,34	0,06	
4				5,49	81,79	449,03	0,01	
4				3,36	81,79	274,81	0,01	
4				1,26	81,79	103,06	0,00	

Figura 10. Visor WEB. Forge de Autodesk con personalización de iBIM. Elaboración propia.

En el caso de que no exista modelo BIM, normalmente dados los plazos tan ajustados no suele dar tiempo a realizar un modelo BIM, aunque sea simplificado, como ayuda en el estudio de la oferta.

### 2.3.2. Estudio de compras de materiales y subcontratas

Una vez realizada la gestión general de compras globales de la empresa para las obras en curso, o próximas a comenzar, es necesaria saber cuándo se necesita recibir los materiales o entrar las subcontratas.

La asociación de materiales (y sus compras) con el modelo BIM y con la programación de obra permite planificar pedidos, saber sus cantidades y realizar su seguimiento en el modelo. Realizar la programación de obra vinculada con el modelo BIM permite obtener las mediciones y las cantidades de los materiales a entrar en obra en el plazo estimado.

### 2.3.3. Certificaciones

Es el mismo caso que en la dirección de obra, pero con el prisma del constructor.

## 2.4 En la administración pública

### 2.4.1. Control de certificaciones

Es igual que las certificaciones para la dirección facultativa o el constructor, pero permite el control de estas desde el punto de vista del propietario.

### 2.4.2. Redacción y análisis de licitaciones

En el caso de participar en la redacción del pliego de licitación, se darán las directrices para que se genere el modelo BIM con la organización y los parámetros necesarios para automatizar las mediciones y certificaciones y cumplir con los requisitos y usos BIM establecidos por la propiedad.

En el análisis de las licitaciones se comprobará que las ofertas se ajustan a lo indicado en el pliego en materia BIM relacionado con las mediciones y presupuestos

## 2.5. En la docencia

### 2.5.1. Aplicación de la metodología BIM

En las asignaturas relacionadas con las mediciones y presupuestos, el BIM puede servir como respaldo a la comprensión de la materia. Así mismo, las mediciones ayudan a entender la metodología BIM basada en relación de la información.

## 3. NECESIDADES DE INFORMACIÓN EN LAS LICITACIONES

### 3.1. Análisis de distintas licitaciones actuales

En la actualidad, a medida que aumenta el nivel de madurez de los redactores de licita-

ciones, cada vez son menos las solicitudes en que la única exigencia BIM es “se entregará un modelo BIM”. La definición, en los pliegos, de los objetivos BIM y usos BIM de los modelos hace que, los que se presentan a las ofertas, puedan concretar sus entregables. La mayor definición de objetivos conlleva también unos criterios de baremación más claros, y por tanto unas puntuaciones más coherentes.

A continuación, se enumeran varias licitaciones, centrándonos en la redacción y control de mediciones. Se han elegido licitaciones con requerimientos no BIM y con requerimientos BIM, y en distintas fases: Proyecto, Dirección de obra y Obra

### 3.1.1. Ejemplo de licitación no BIM. Proyecto

A continuación, se transcriben los puntos del pliego relativos a las mediciones y presupuestos para la redacción de un proyecto, en los que no se solicita metodología BIM.

Anuncio licitación: 14/09/2017

Órgano de Contratación: FGV

Objeto: Proyecto. Redacción proyecto rehabilitación túnel Loma Rejas y Carrichal y mitigación riesgos geológicos de la red TRAM Alicante.

#### 11.1.5 DOCUMENTO N.º 4. PRESUPUESTO.

Los capítulos de este documento serán los siguientes:

- Mediciones.
- Cuadro de Precios.
- Presupuestos Parciales.
- Presupuesto General.

##### 11.1.5.1 Mediciones.

En las mediciones se incluirán todos los datos necesarios para que la supervisión pueda hacerse sin medir sobre los planos o ficheros de dibujo.

*Las mediciones contendrán, al inicio de las líneas de medición de cada unidad de obra, la indicación de los planos donde se representan las unidades de obra medidas y la descripción clara y precisa de dicha medición.*

*Se incluirá en este capítulo un apartado denominado “Mediciones auxiliares” para determinadas unidades de obra cuyos listados de medición son excesivamente largos (movimientos de tierras, etc.).*

##### 11.1.5.2 Cuadro de Precios.

*El Cuadro de Precios, cumpliendo con lo dispuesto en el Reglamento de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre). Contendrá el cuadro de precios en letra y en número, en el que se descompondrá cada precio en sus precios elementales y auxiliares y las cantidades de sus rendimientos unitarios. Se especificará además su agrupación en los conceptos elementales de:*

- Materiales.
- Mano de Obra.
- Maquinaria.
- Medios Auxiliares, si fuese preciso.

*En los epígrafes que definan cada unidad de obra no se podrán hacer referencia a marcas, modelos o denominaciones específicas de determinados productos, que habrán de determinarse por sus cualidades y características técnicas.*

##### 11.1.5.3 Presupuestos Parciales.

*El capítulo de presupuestos parciales contendrá las distintas partidas de cada fase de la obra y deberán ir numeradas en los citados presupuestos o capítulos, haciendo clara referencia a los precios unitarios (igual numeración).*

Se establecerán dichos presupuestos parciales de obras de acuerdo al plan de obra siguiendo la estructura del mismo.

El capítulo de presupuestos parciales contendrá, además de los presupuestos parciales anteriores, los siguientes presupuestos:

- Presupuesto de Medidas Preventivas o Correctoras del Impacto Ambiental y Presupuesto del Plan de Vigilancia.
- Presupuesto Parcial para Reposición e Indemnización de Servicios Afectados.
- Presupuesto Parcial para Seguridad y Salud laboral.

Para lo cual se incluirán, las correspondientes unidades de obra dentro del Cuadro de precios y del Pliego de Condiciones Técnicas Particulares (salvo las unidades de seguridad y salud laboral que irán en el Cuadro de precios y Pliego del Estudio de seguridad y salud correspondiente).

### 11.1.5.4 Partidas Alzadas.

Salvo autorización expresa del responsable del Contrato, no se utilizarán partidas alzadas en la elaboración del presupuesto.

### 11.1.5.5 Presupuesto General.

El Presupuesto General seguirá la siguiente estructura:

- Presupuesto de Ejecución Material, que incluye un resumen de todos capítulos de los Presupuestos Parciales descritos (de obras y del resto de conceptos), al que se añadirán los costes del estudio de Seguridad y Salud.
- Presupuesto de Licitación, producto del incremento del Presupuesto de Ejecución Material de un 13% en concepto de Gastos Generales y de un 6% en concepto de Beneficio Industrial.
- Presupuesto Total de Licitación, obteniéndose a partir del Presupuesto de Licitación

afectándolo del porcentaje correspondiente sobre el valor añadido (IVA) que rija en el momento de la confección del presupuesto.

- Presupuesto para Conocimiento de la Administración, deriva de las cantidades del Presupuesto Total de Licitación, el control de calidad y el costo de las expropiaciones y ocupaciones temporales.

### 3.1.2. Ejemplo de licitación no BIM. Dirección de Obra

A continuación, se transcriben los puntos del pliego relativos a las mediciones y presupuestos para la dirección de obra, en los que no se solicita metodología BIM.

Anuncio Licitación: 24/11/2017

Órgano de Contratación: FGV

Objeto: Dirección de obras, asistencia técnica y seguridad y salud, del proyecto de electrificación del tramo Benidorm-Benidorm intermodal de la infraestructura ferroviaria AT-002 (Benidorm-Dénia).

## 5. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS A DESARROLLAR

5.5.2. Certificación Mensual y Final Redacción de las relaciones valoradas mensuales de la obra ejecutada que sirvan de base para elaborar la certificación correspondiente, así como la propia certificación/que deberá estar en poder del Responsable de Contrato de FGV, correctamente elaborada/ antes del día 5 del mes siguiente al que correspondan los trabajos certificados.

## 7. RESPONSABILIDADES DEL CONSULTOR

Establecer mensualmente la relación valorada en la que consten las mediciones parciales y a origen del trabajo realizado por el contratista.

*Comprobar la desviación económica de la obra debido a las incidencias que se producen durante la ejecución/ y establecer el plan de medidas para controlar su coste.*

*Entregar cada mes, un informe mensual del seguimiento de obra, con la información y contenido que FGV has establecido.*

*Preparar la información del estado de dimensiones y características de la obra ejecutada y entregarlo a FGV a la finalización de los trabajos/ de forma que quede constancia exacta de aquello construido*

### 3.1.3. Ejemplo de licitación BIM. Obra

A continuación, se transcriben los puntos del pliego relativos a las mediciones y presupuestos para obra, en los que se solicita metodología BIM.

Expediente 19/078

Órgano de Contratación: FGV

Objeto: Obras de construcción de la Línea 10 de Metrovalencia. Proyecto de construcción: superestructura de vía, arquitectura y equipamiento. Tramo Alicante-Rampa Amado Granell

## 3. OBJETIVOS Y USOS BIM DEL MODELO DE INFORMACIÓN

### 3.1. Objetivos BIM

*...Están alineados con la estrategia global de FGV de apostar por los procesos de estandarización y de digitalización de información. Son principalmente los siguientes (TABLA 1)*

Siendo específicamente: (TABLA 2)

### 3.2. Usos y Requerimientos BIM de FGV para Obras

OBJETIVO GENERAL	DESCRIPCIÓN
1 Proporcionar soporte en la toma de decisiones	Generar información y visualización de las distintas problemáticas para facilitar la toma de decisiones en fase de diseño, en fase de construcción y de operación.
5 Controlar el presupuesto durante el proceso constructivo	Disponer de mediciones fiables de los capítulos y las unidades del proceso constructivos más críticos.

TABLA 1.

*Los principales usos del modelo BIM asociados a los objetivos BIM establecidos están descritos a continuación y alineados con la propuesta de Usos BIM de la Guía de elaboración del Plan de Ejecución BIM del Ministerio de Fomento. (TABLA 3)*

### 3.3.2. Niveles de Información no gráfica

La información no gráfica de los elementos de los modelos (metadatos) estará estructurada en torno a una agrupación de propiedades (set de propiedades), aprobada por FGV. (TABLA 4)

*Estos grupos de parámetros o set de propiedades buscan garantizar:*

- *La capacidad de segregación selectiva de todos los elementos constitutivos de los modelos para los diferentes usos BIM requeridos.*
- *La trazabilidad de las mediciones provenientes de los elementos incluidos en los modelos.*

### 7.2.5. Presupuestos

*Los objetos de los modelos contendrán la información necesaria para garantizar la trazabilidad del desglose de las mediciones del presupuesto de liquidación. Así pues:*

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECÍFICO	ESTUDIOS PREVIOS	REDACCIÓN PROYECTO	EJECUCIÓN OBRA	MANTENIMIENTO
5 Controlar el presupuesto durante el proceso constructivo	Optimización de la gestión de recursos		X	X	
	Extracción de cantidades fiables del modelo.		X	X	
	Comprobar de forma rápida y eficiente los costes de unidades del proyecto y compararlos con los de obra.			X	
	Mejora el control de costes.		X	X	
	Predictibilidad de las estimaciones económicas	X	X	X	

**TABLA 2.**

N.º USO BIM	USO BIM	OBJETIVO ESPERADO	FASES DE CICLO DE VIDA DE UN ACTIVO		
			PROYECTO	OBRA	MANTENIMIENTO
1	Información centralizada	Usar los modelos BIM como fuente única, estandarizada y centralizada de la información producida durante la obra para su almacenamiento entorno al "As Built" digital y para una más coherente y uniforme transferencia de información de la fase de obra a la fase de operación y mantenimiento	X	X	X
5	Obtención de mediciones 5D	Usar modelos BIM con información clasificada y estandarizada permite garantizar un mayor grado de trazabilidad para las partidas que componen el presupuesto de las obras	X	X	
8	Seguimiento de Obra (Producción y Certificación)	Los modelos BIM se usarán para la generación de los informes de avance y seguimiento de la obra, así como para facilitar y dar soporte al proceso de certificación por parte de la Dirección Facultativa y FGV.		X	

**TABLA 3.**

- Los modelos de cada disciplina permitirán la obtención de las mediciones correspondientes.

- Todas las mediciones volumétricas deberán provenir de los modelos tridimensionales de información.

NOMBRE PARÁMETRO	TIPO CAMPO	GRUPO	TIPO	USO	FORMATO
COD_MEDICION	ELEMENTO	Propiedades de modelo	TEXTO	MEDICIÓN	
Emplazamiento	ELEMENTO	Datos de Identidad	TEXTO	INFORMACIÓN DE EMPLAZAMIENTO	Alfanumérico. Mayúsculas.
LINEA	ELEMENTO	Datos de Identidad	TEXTO	INFORMACIÓN DE EMPLAZAMIENTO	Numérico
Tipo Emplaz.	ELEMENTO	Datos de Identidad	TEXTO	INFORMACIÓN DE EMPLAZAMIENTO	Alfanumérico. Mayúsculas.
Ubic.téc.	ELEMENTO	Datos de Identidad	TEXTO	INFORMACIÓN DE UBICACIÓN	Alfanumérico. Mayúsculas.

TABLA 4.

- Las mediciones deberán proceder de los modelos tridimensionales de información y deberán estar justificadas de esta forma.

- Siempre que quede justificado por el contratista (y aprobado por FGV), se aceptará que parte de las mediciones puedan proceder de la documentación de detalle no modelado en BIM.

- Para todas las mediciones, el Contratista entregará una justificación de las mediciones incluidas en el presupuesto.

- Finalmente, el Contratista presentará en su propuesta de BEP pre-contractual su estrategia de seguimiento y justificación de las mediciones, tanto de las provenientes de los modelos de información como de los planos de detalles.

#### 4. RESPUESTA A LAS NECESIDADES DE INFORMACIÓN CON METODOLOGÍA BIM

En este punto se analizan posibles respuestas (soluciones) y mejoras a las necesidades de información en licitaciones aplicando la metodología BIM en el campo de las mediciones y presupuestos.

La buildingSMART Internacional, en su página "BIM Maturity Assessment", nos ofrece

una herramienta, la matriz de evaluación de madurez BIM, y nos indican que:

"La herramienta está diseñada para:

- medir la madurez de diferentes aspectos de la adopción de BIM dentro de un proyecto
- para resaltar éxitos y áreas de mejora
- demostrar capacidades actuales, no aspiraciones futuras"

En un archivo ".xlsm" de Excel con macros que, contestando una serie de preguntas, nos indica nuestro nivel de madurez BIM. Entre otros, marca los siguientes aspectos:

- Desarrollo de implementación de los requerimientos BIM del cliente
- Revisiones en BIM
- Uso del BEP para gestionar los proyectos
- Relación de los contratistas en BIM
- La calidad y productividad del CDE
- Calidad del modelado BIM y la información del modelo
- Explotación de los casos de estudio BIM para venta y optimización
- Revisión del diseño virtual BIM
- Calidad de los entregables IFC

En el caso del 5D (mediciones y costes), la matriz de madurez BIM, a la pregunta para

medir el grado de uso del modelo para extraer mediciones y costes, define los siguientes estados o niveles de madurez:

- 0. No existe. Modelo no adecuado para costes
- 1. Inicial. Modelo para alguna información o chequeo de cantidades de uso interno
- 2. Gestionado. Tablas producidas a partir de modelos y modelos compartidos con QS informalmente con excepciones
- 3. Definido. Modelo preparado por el equipo de diseño para permitir las operaciones del contratista
- 4. Medido. Modelo emitido formalmente a QS y verificado por el equipo interno del proyecto
- 5. Optimizado. Optimización de costos al vincular datos de costos directamente al modelo (Figura 11)

Las preguntas nos indican el nivel de madurez BIM de nuestra empresa o de nuestro flujo como profesional independiente con otros profesionales. Pero también se puede enfocar como los pasos a seguir para alcanzar el nivel de madurez óptimo.

El primer aspecto necesario, para dar soluciones, es estudiar las necesidades del cliente, referidas a mediciones y presupuestos, sin metodología BIM. La observación y puesta en papel de para que se usa y como se usa el presupuesto por parte del órgano licitador ayudará a definir los criterios BIM a aplicar.

En el punto anterior se ha incluido los requerimientos, en cuanto a mediciones y

presupuestos, de licitaciones con requerimientos BIM o no. Se destacan a continuación los puntos que se consideran más relevantes de aplicación a BIM

- *En las mediciones se incluirán todos los datos necesarios para que la supervisión pueda hacerse sin medir sobre los planos o ficheros de dibujo.*
- *Las mediciones contendrán, al inicio de las líneas de medición de cada unidad de obra, la indicación de los planos donde se representan las unidades de obra medidas y la descripción clara y precisa de dicha medición.*
- *El capítulo de presupuestos parciales contendrá las distintas partidas de cada fase de la obra y deberán ir numeradas en los citados presupuestos o capítulos, haciendo clara referencia a los precios unitarios (igual numeración).*
- *Los modelos de cada disciplina permitirán la obtención de las mediciones correspondientes.*
- *Siempre que quede justificado por el contratista (y aprobado por FGV), se aceptará que parte de las mediciones puedan proceder de la documentación de detalle no modelado en BIM.*

Estas necesidades se resumen en:

- La trazabilidad del presupuesto y las certificaciones con el modelo. La metodología BIM permite, como se ha visto anteriormente, enlazar el presupuesto con los modelos, de tal modo que cada elemento del modelo es una línea de medición y por tanto lleva asociada toda la información asociada a dicho elemento. Ya no es necesario definir

	The Mission, Vision, Goals, and Objectives, along with management support BIM Champions.	0 None-Existent	1 Initial	2 Managed	3 Defined	4 Measured	5 Optimizing	Target Level	Current Level	Adjusted Score	Weighting
5D (Quantity and Cost)	To measure the extent of which the model is used to extract cost and quantity information.	Model not suitable for 5D/3D	Model used for some internal quantity information/structuring	Schedules produced from Revit, and Model informally shared with QS with casual	Weighting/Model prepared by the design team to enable Contractor QS production	Model formally issued to QS and checked by internal project team	Cost optimization by linking cost data directly to the model	2	3	1	0.7

Figura 11. Imagen de la fila correspondiente a 5D de la matriz de madurez de la buildingSMART Internacional

que la línea de medición debe tener una descripción, que hay que poner a mano con la metodología tradicional, sea clara y precisa. Lo que se debe indicar es que los objetos del modelo tendrán la información necesaria para que el objeto este correctamente definido

- Obtener presupuestos parciales según fases o zonificaciones. En las mediciones sin BIM, esto se traduce en crear capítulos específicos de zonas o fases. La mayoría de los programas de mediciones tienen herramientas para agrupar el presupuesto por alguna propiedad de la línea de medición sin tener que recurrir a crear ese capítulo.
- Adaptar la calidad del modelado BIM y la información del modelo a los requerimientos de mediciones y presupuestos
- Definición de procedimientos. Para que el agente licitador obtenga una adecuada gestión en la obtención de mediciones y presupuestos del modelo y trazabilidad de estas, es necesario que defina los procedimientos específicos que necesita. En este flujo se debe definir que formato de archivos se manejarán. La administración debe apostar por el uso de formatos abiertos, (IFC para modelos, BC3 para mediciones, etc.), independientemente de los formatos nativos con los que se realicen.

A continuación, se detallan algunas consideraciones para mejorar los requerimientos BIM

#### **4.1. Definición de los conjuntos de parámetros**

Se deben indicar que parámetros deben contener los modelos, en qué conjunto se deben agrupar y que se debe complementar en cada uno de ellos. Códigos de medición, de medida, zonificaciones, número

de certificación, etc. Se deben incluir todos los datos que el cliente considera para su correcta definición y funcionamiento de su flujo de trabajo tanto para la obtención del presupuesto como para las certificaciones.

#### **4.2. Análisis de capítulos y partidas. Importes**

El estudio de proyectos anteriores, según tipos de proyectos, determina que capítulos y partidas del presupuesto son de mayor importe. Como estrategia de crecimiento de madurez BIM, puede ser interesante centrarse en estudiar aumentar progresivamente la trazabilidad de las mediciones en el modelo, empezando por las partidas de presupuesto más alto.

#### **4.3. Análisis de capítulos y partidas. Ejecución - Certificación**

Se aplica a partidas de proyecto que en obra no se ejecutan de manera unitaria y por tanto es necesario realizar certificaciones a porcentaje según los descompuestos de la partida, complicando tanto el cálculo del porcentaje como su trazabilidad en el modelo. Coherencia entre las partidas del presupuesto y la ejecución y certificación en obra (y lo modelado)

Detectar las partidas del proyecto que puedan tener esta característica y dividir las progresivamente en varias partidas para que exista una correspondencia entre el presupuesto y la certificación, dando prioridad a las partidas de mayor importe, aumenta nuestro nivel de madurez BIM al aumentar la trazabilidad en las mediciones para el proyecto y las certificaciones.

#### **4.4. Trazabilidad mediciones. Presupuesto según BEP**

El BEP define los procedimientos y que objetos se deben modelar, y por tanto los

elementos que serán trazables con el presupuesto. Modelar para obtener máxima trazabilidad con mediciones directas. Se definirán que partidas se asignarán de manera indirecta, por materiales, o por habitaciones. También debe incluir el análisis de la definición de las partidas del presupuesto (si es necesario separar o agrupar partidas) y establecer la coherencia con el modelo. Determina el presupuesto máximo posible trazable según el BEP del proyecto o de la obra. Si se modela cumpliendo todos los objetivos del BEP marca ese máximo porcentaje alcanzable que puede ser trazable (obtenido del modelo) del modelo con el presupuesto. Aumentar progresivamente ese porcentaje para subir nuestro nivel de madurez BIM.

[www.buildingsmart.es/app/download/11050888226/ubim-07-v1\\_mediciones.pdf?t=1576178094](http://www.buildingsmart.es/app/download/11050888226/ubim-07-v1_mediciones.pdf?t=1576178094). [Último acceso: 06 01 2020].

- *buildingSMARTInternational*, « *BIM Maturity Assessment*, ». [En línea]. Available: <https://www.buildingsmart.org/users/services/BIM-maturity-assessment/>. [Último acceso: 25 01 2020].

## BIBLIOGRAFÍA

- «*coaatavila*,» 04 01 2020. [En línea]. Available: <http://www.coaatavila.es/funciones-del-arquitecto-tecnico/>.
- F. Valderrama, «*Mediciones y presupuestos. Para arquitectos e ingenieros de edificación*,» Editorial Reverté, 2010.
- Gobierno de España, LOE. Ley 38/1999, de Ordenación de la Edificación, 1999.
- DEJ. RAE-CGPJ, *Diccionario del español jurídico*.
- Gobierno de España, Ley 9/2017, de Contratos del Sector Público.
- Comisión es.BIM del Ministerio de Fomento de España, «*Guía de Uso de Modelos para Gestión de Costes*,» [En línea]. Available: [https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2018/12/Guia\\_Uso\\_Modelos\\_para\\_Gestion\\_Costes.pdf](https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2018/12/Guia_Uso_Modelos_para_Gestion_Costes.pdf). [Último acceso: 06 01 2020]. Coautores José Manuel Zaragoza y José Miguel Morea
- *buildingSMARTSpanish Charter*, «*Guía de Usuarios BIM, Iniciativa uBIM*» 2014. [En línea]. Available: <https://>





# CAPÍTULO 5

## PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA SEGURIDAD Y SALUD

Sergio Vidal, Santi-Andreu

El presente apartado pretende dar una introducción inicial a la participación de la Arquitectura Técnica en materia de la Seguridad y Salud. Dentro del todo el abanico de aplicaciones nos centraremos en las obras de construcción, tratando de localizar aquellos puntos que puedan ser desarrollados haciendo uso de herramientas BIM. Pretendemos por tanto que sea un documento de ayuda inicial para su aplicación.

## 1. LA ARQUITECTURA TÉCNICA Y LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA SEGURIDAD Y SALUD

### 1.2. La Arquitectura Técnica en la Seguridad y Salud

El tema de la Seguridad y Salud en un tema prioritario siempre para todos los intervinientes en obras de construcción. Es de sobra conocido que el sector de la construcción supone la realización de trabajos en un entorno específico, con sus condicionantes por la ubicación geográfica, por condiciones climatológicas, por sus vías de acceso de vehículos o peatonales, con o sin edificios colindantes, con más o menos tránsito por sus alrededores, etc. Se trata de trabajos, además, realizados en instalaciones provisionales y en los que concurren con frecuencia diferentes empresas. Todos estos factores, aunque no implican por ellos mismos que los trabajos dejen de ser seguros, sí que hacen más difícil que se puedan alcanzar los niveles de segu-

ridad que alcanza un equipo de trabajadores en una instalación fija y específica tal y como ocurre en edificios industriales.

Es, por tanto, obligación de todos los intervinientes en las obras de construcción ser diligentes en el cumplimiento de sus funciones para la adopción de las medidas oportunas en materia de Seguridad y Salud, que traten de eliminar los riesgos por completo en aquellos casos que sea posible, o que traten de minimizar su aparición, o los posibles daños en caso de que se produzcan, ya no solo desde el punto de vista legal sino desde el punto de vista social.

La Arquitectura Técnica en este apartado juega un papel importante y su justificación la encontramos en el RD 1627/1997 sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

En él, en primer lugar, se definen las obligaciones de promotor, proyectista, contratista y subcontratista y trabajadores autónomos. También se introducen las figuras del coordinador de seguridad y salud en fase de proyecto y en fase de ejecución.

En su Artículo 2: Definiciones, en su apartado e y f, al definir al coordinador de seguridad y salud en sus dos modalidades, hace referencia al "técnico competente" al que, en la Guía de aplicación del RD, pasa a definir como

*“aquella persona que posee titulaciones académicas y profesionales habilitantes, así como conocimientos en actividades de construcción y de prevención de riesgos laborales acordes con las funciones a desempeñar”.*

A este respecto, la disposición adicional cuarta de la LOE señala que *“las titulaciones académicas y profesionales habilitantes para desempeñar la función de coordinador de seguridad y salud en obras de edificación, durante la elaboración del proyecto y la ejecución de la obra, serán las de arquitecto, Arquitecto Técnico, ingeniero o ingeniero técnico, de acuerdo con sus competencias y especialidades”.*

Independientemente de lo dicho en el párrafo anterior, cabe indicar que, aunque la formación universitaria es un requisito normativo, es fundamental que su formación sea complementada con formación adecuada en materia de prevención de riesgos laborales aplicables a las obras de construcción.

A tal respecto el Ministerio de Fomento, tras las consultas del Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España y del Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, aclaró que, a pesar de que la interpretación definitiva de las normas legales corresponde a los juzgados y tribunales de justicia, no todos los titulados citados pueden ser coordinadores de seguridad y salud en cualquier proyecto. Y que así lo quiso definir el legislador. Con ello sería correcto interpretar que, en proyectos de edificación con competencia exclusiva de arquitectos y Arquitectos Técnicos, sean estos, y no los ingenieros o ingenieros técnicos, el “técnico competente” referido. Sin embargo, en aquellos proyectos de edificación en los que por sus características también estén facultados los ingenieros de caminos, industriales, agrónomos, aereo-

náuticos, etc., de la misma forma también serían considerados técnicos competentes.

### **1.2. Fases de proyecto y funciones principales del Arquitecto Técnico en cada una de ellas**

En este apartado se abordarán las diferentes funciones que, en materia de Seguridad y Salud, podemos desempeñar como Arquitecto Técnico para más adelante pasar a detallar como el BIM puede ayudarnos o facilitarnos su labor específica.

Para su clasificación se ha procedido a ordenarlas en función de la fase en la que se realizan las tareas dentro del proceso edificatorio. Son las siguientes.

#### **1.2.1. Fase de proyecto: coordinador en materia de seguridad y de salud en fase proyecto**

La redacción de un Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud requiere un conocimiento profundo del proyecto de ejecución con el fin de que el documento sea realista y contemple las medidas de prevención adecuadas y adaptadas en caso necesario a la realidad del proyecto concreto. Por todo ello, es en fase de proyecto donde se deben de integrar los principios de la actividad preventiva, tanto para el proceso constructivo, como para el posterior uso y mantenimiento de todo elemento proyectado. Sin embargo, la realidad es que no siempre se integra la prevención en el diseño.

Es interesante recordar que el RD 1627/97 en su Artículo 8. Principios generales aplicables al proyecto de obra, indica que el proyectista y, en su caso, el coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto de obra, han de tomar cada una de las decisiones constructivas, optando siempre por aquella que, acorde con el objeto proyectado, garantice un

control efectivo de los riesgos que puedan surgir tanto durante su ejecución como en su posterior utilización.

El mismo RD 1627/97 en su art 3.1 dice que *"...cuando en la elaboración del proyecto de obra intervengan varios proyectistas, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto de obra."* En la guía técnica del RD se especifica que dicha consideración ocurre cuando, de forma contractual, el promotor encarga partes del mismo proyecto (arquitectura, instalaciones, telecomunicaciones, etc.) a varias personas físicas o jurídicas cualificadas. Por tanto, su colaboración ha de extenderse más allá del diseño del edificio, sino también desde el punto de vista preventivo.

Las principales funciones del coordinador de seguridad y salud en fase de proyecto (CSSp) son la coordinación de la aplicación de los principios generales de prevención en el proyecto, redactar el estudio o estudio básico de seguridad y salud, y realizar las previsiones e informaciones útiles para la realización de los trabajos posteriores.

### 1.2.2. Fase de ejecución: agentes implicados en el seguimiento de la actividad preventiva

Sirva este apartado como mero recordatorio de los agentes implicados en este ámbito y sus funciones más inmediatas.

#### Coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra (CSSo)

De acuerdo con el RD 1627/97, art. 3, *"Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor, antes del inicio de los trabajos o tan pronto como se constate dicha circunstancia, designará un coordinador en*

*materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra."*

Sus principales funciones, son entre otras, coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad, aprobar el PSS y organizar la coordinación de actividades empresariales.

#### Dirección Facultativa

En los casos en que no sea preceptiva la designación de la figura del CSSo, la DF asumirá estas funciones descritas en el párrafo anterior.

#### Recursos preventivos

Según la Ley 31/95, art. 32 bis, su presencia será necesaria cuando los riesgos puedan verse agravados o modificados en el desarrollo del proceso o la actividad o cuando se realicen actividades o procesos que reglamentariamente sean considerados como peligrosos o con riesgos especiales. También cuando sea requerida por la Inspección de Trabajo y Seguridad Social. Su principal función es, entre otras, la vigilancia del cumplimiento de las medidas incluidas en el PSS y comprobar la eficacia de estas.

#### Trabajador Designado por la empresa para el seguimiento de la actividad preventiva

El empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse del seguimiento de la actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa. (Ley 31/95; art 30)

#### Jefe de obra

Además de sus funciones de gestión de los trabajos de ejecución en representación del contratista, desde el punto de vista preventivo y como garante de la seguridad de los trabajadores, deberá cumplir y hacer cumplir al personal bajo su dirección lo establecido en el PSS.

### Servicios de Prevención

El empresario deberá constituir un servicio de prevención propio en las circunstancias en las que estipula la ley. Si la empresa no llevara a cabo las actividades preventivas con recursos propios lo hará mediante la contratación de un servicio de prevención ajeno y acreditado.

#### 1.2.3. Documentos preventivos

Acometemos este apartado, al igual que el anterior, con el ánimo de que sirva de recordatorio de cuestiones relacionadas con los documentos preventivos, preceptivos para la gestión de la prevención en obras de construcción.

#### Estudio de Seguridad y Salud y Estudio Básico de Seguridad y Salud

En ese sentido, el RD 1627/97 (art. 4) habla de la *"obligatoriedad del estudio de seguridad y salud (ESS) o del estudio básico de seguridad y salud (EBSS) en las obras"*, los cuales se convierten en el medio, entre otros, de que dispone el promotor para cumplir su deber de información al resto de empresarios, de los riesgos del centro de trabajo y sus medidas de prevención y emergencia.

En el artículo 5 se especifica que el ESS será realizado por el técnico competente designado por el promotor, pero, en el caso de existir la figura del CSSp será responsabilidad de este su redacción u ordenar su redacción bajo su responsabilidad. También que, como documento proyectual que es, su contenido será el de cualquier proyecto, esto es: memoria descriptiva, pliego de condiciones particulares, planos y mediciones y presupuesto que cuantifique el conjunto de gastos previstos para la aplicación y ejecución del estudio de seguridad y salud.

Por su parte el EBSS a efectos normativos es un documento descriptivo que podría corres-

ponder a la memoria descriptiva citada en el apartado anterior.

#### Plan de Seguridad y Salud

El PSS, según el art. 7 del RD 1627/97, es el documento que permitirá al contratista, responsable de su redacción, comunicar y gestionar con detalle la planificación prevista de las medidas a adoptar, los recursos necesarios y los métodos a emplear, siempre de acuerdo con lo estipulado en el ESS correspondiente. Deberá contener necesariamente la identificación de riesgos y el establecimiento de las medidas preventivas.

Este documento debe adaptarse a las necesidades reales de las obras si lo planificado inicialmente no fuera suficiente para garantizar la Seguridad y Salud del proceso, y tanto él, como sus posibles modificaciones, ha de ser aprobado por el CSSo mediante acta correspondiente.

## 2. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA SEGURIDAD Y SALUD CON METODOLOGÍA BIM

### 2.1. Afecciones comunes asociadas al empleo de la metodología BIM

Desde el punto de vista general, y como se detalla en el Capítulo de 1 al hablar de Implantación de la metodología, el empleo de la metodología BIM supone asumir ciertas consecuencias, económicas, tecnológicas y formativas, entre otras.

#### 2.1.1. Económicas

Hacer uso de la metodología BIM, y más aún en sus inicios, implica una inversión sobre todo económica por las necesidades tecnológicas, de tiempo de adaptación y de software.

#### 2.1.2. Tecnológicas

Por la necesidad de equipos informáticos tanto fijos como móviles, adecuados a la en-

vergadura de los trabajos a realizar y a los requerimientos del software utilizado. Por otro lado, el software es muy diverso. Algunos de ellos son gratuitos, pero otros requieren suscripción, aunque sea temporal. Además de ello, en la mayoría es recomendable contratar servicios de actualización de estos para mejorar sus funcionalidades y productividad.

### 2.1.3. Planificación de tiempos

Dado que el nivel de definición, y que en la actualidad todavía se acusa la falta de contenido BIM específico para la Prevención, en los primeros trabajos en los que se aplique se requiere dedicar un tiempo en la elaboración del mismo. Es necesario pues tener esto en cuenta en la planificación de tiempos tanto dentro de la planificación del trabajo, pero también en la planificación de esas tareas de uso común a otros proyectos, en tiempos intermedios de gestión interna. Se tratará de tareas en ocasiones poco valoradas a pesar de su dificultad, pero que, caso de no realizarlas, repercutirán en la productividad y supondrá retrabajos.

### 2.1.4. Formativas

Hacer uso de esta metodología requiere formación, no solo en uso de las herramientas informáticas, sino también en los procedimientos, herramientas, aplicaciones móviles, etc. Esta se puede conseguir de manera autodidacta o con la intervención de formadores externos, universidades o colegios profesionales. Además de ello, al tratarse de una metodología en continua innovación también requiere un reciclaje continuo a tener en cuenta.

## 2.2. Afecciones específicas relativas a la seguridad y salud con metodología BIM

Desde el punto de vista de la Seguridad y Salud se requiere definir bien cómo hacer uso de la metodología BIM, en primer lugar, definiendo

qué se pretende obtener del modelo, qué aspectos desde el punto de vista preventivo no pueden desarrollarse, cuál ha de ser el nivel de detalle de los elementos, y cómo se ha de gestionar su uso y mantenimiento actualizado, en función del rol desempeñado y durante qué fases del proyecto hasta su finalización.

Todos estos aspectos y cómo se han de resolver deberían ser incluidos con el máximo nivel de definición en el BEP correspondiente al proyecto. En él se plasmará por escrito la finalidad del modelo, las instrucciones para crearlo, cómo se debería consultar por los agentes participantes, y cómo se ha de mantener actualizado, en función del rol desempeñado.

El contenido de los siguientes apartados tratará de definir unas líneas generales de aplicación práctica de la metodología.

### 2.2.1. Determinación del alcance del uso BIM

El modelado geométrico y de información se debe de adaptar a los usos específicos pretendidos, ya sea contractualmente, por imperativo legal (si llegase el caso algún día), o por iniciativa propia del profesional o de la organización encargada de ello dentro del Plan de Ejecución de la metodología BIM para el proyecto.

Desde el punto de vista del profesional de la Arquitectura Técnica, los usos BIM que se puedan establecer, podrán ir asociados a una determinada fase del proceso o a su totalidad. Aunque existen numerosos planteamientos de usos BIM, trataremos de dar un resumen de los principales usos que le son de interés en cuanto a la Seguridad y Salud se refiere.

#### Visualización del proyecto arquitectónico

Permite la identificación de los riesgos en la construcción de un activo, la planificación de

los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares, protecciones colectivas, etc., así como los posibles mecanismos de mitigación.

Permite la generación de documentación y facilita la visualización del proyecto en fase de diseño y construcción. Asimismo, proporciona soporte para la toma de decisiones y aumenta la capacidad de reacción ante posibles imprevistos.

Este uso es el punto de partida ideal para una buena coordinación de la Seguridad y Salud en fase de proyecto.

### Organización de las obras y Coordinación 3D de la Seguridad y Salud

La disponibilidad de modelos digitales permite a los redactores de documentos preventivos y a los CSSo una mayor y más fácil integración y coordinación.

Permite integrar en el modelo BIM el planteamiento de la organización general de la obra, los equipos principales y las medidas de protección colectivas previstas, etc. En un único modelo de coordinación se integran las diferentes disciplinas.

### La seguridad estructural de las construcciones durante las obras

Entre otros permite al CSSp a identificar riesgos y a tomar decisiones sobre los procesos o sistemas constructivos a emplear en cada fase de la construcción. Por ejemplo, en fase de excavación con cimentaciones profundas o con edificaciones colindantes cercanas, apeos, etc., para hacer compatible el acceso y la permanencia del personal, maquinaria o acopios de material con la resistencia estructural de los elementos constructivos. O en su defecto, solicitar la inclusión de dichas situaciones, por puntuales que sean, en el cálculo. Podría incluirse aquí, entre otros, la seguridad en

los trabajos de encofrado y desencofrado de elementos, no solo en el procedimiento, sino también en la disposición de plataformas de trabajo y la colocación de elementos de protección colectiva.

### Generación de documentación 2D (planos)

Uno de los usos más frecuentes es la obtención de toda o parte de la documentación gráfica a incluir en los documentos preventivos a partir de los modelos de información. De esta forma se asegura la coherencia de la información en todo momento, debido a que los cambios se realizan sobre los modelos son actualizados por cada interviniente. Para los planos de detalle, se debe valorar la proporcionalidad del esfuerzo de realización con metodología BIM o si por el contrario basta con la complementación con detalles CAD.

### Obtención de mediciones desde el punto de vista de la Seguridad y Salud

La medición de los elementos de protección colectiva, de protección contra incendios, de las instalaciones de higiene y bienestar necesarias, entre otras, permanece permanentemente actualizada para la realización de su presupuesto, asegurando la coherencia con el resto de la documentación. De la misma manera, esto facilita a jefes de obra, responsables de compras, recursos preventivos, etc., planificar su pedido, acopio y disposición acorde a las necesidades temporales y espaciales de la ejecución.

El nivel de detalle en la medición, al igual que para el modelado, podrá ser aumentado o reducido en función de las necesidades del proyecto y los requerimientos del coordinador de Seguridad y Salud.

Es recomendable que los objetos de los modelos contengan la información necesaria

para garantizar la trazabilidad del desglose de las mediciones del presupuesto.

#### Validación de la Normativa

La generación de modelos digitales de información permite la automatización parcial o total de los procesos de verificación del cumplimiento de las normativas aplicables en un elemento. Ejemplos de la aplicabilidad de este uso a la Seguridad y Salud podrían ser el establecimiento de áreas de protección de equipos, áreas de seguridad, superficies mínimas, iluminación, ventilación, etc.

#### Análisis de las instalaciones provisionales de obra

Nos referimos a los análisis de tipo energético, lumínico, etc. Para ello los modelos deben contener todas las especificaciones técnicas mínimas para este tipo de análisis.

#### Medioambiente

El modelo BIM puede ser utilizado durante las distintas fases del proyecto para el conocimiento de zonas peligrosas o con ciertas amenazas medioambientales.

#### Simulaciones Constructivas y Simulaciones de Realidad Virtual (VR) o de Realidad Aumentada (AR)

Permite añadir el componente del tiempo a los elementos constructivos BIM modelados en proyecto, añadiendo también los equipos (maquinaria) y medios auxiliares (estructuras provisionales) necesarios para su construcción. Con la introducción de información sobre rendimientos y productividades de aquellos equipos, permite simular virtualmente el proceso constructivo, de acuerdo con el plan de obra previsto o de acuerdo con las actualizaciones que se hagan durante la ejecución de esta. Con ello se logra reducir detectar y reducir riesgos sobre el modelo, previamente

a la ejecución con el fin de poder proponer alternativas de ejecución.

Este uso implica definir factores como el ámbito de actuación (total o parcial de determinados trabajos por el grado de dificultad o riesgo asociado), el grado de detalle de la planificación, del grado de detalle del modelo para que sea consecuente con los objetivos impuestos a los mismos.

Estas simulaciones podrían abordarse también dentro del punto de vista de Realidad Virtual o Realidad Aumentada, siendo por tanto otro posible uso de los modelos BIM.

#### Seguimiento en obra de la Seguridad y Salud

Permite al CSSo controlar y verificar el grado de cumplimiento del Plan de Seguridad y Salud durante el avance de la obra y mantener actualizado el modelado de las medidas planificadas. También constituye una herramienta de control para la Dirección Facultativa.

A su vez, y dentro de las obligaciones del CSSp y del CSSo de asegurar la coordinación de actividades empresariales tanto en fase de diseño como de construcción, el empleo de medios digitales dota de unas herramientas de comunicación muy poderosas que ayudan a asegurar la coherencia en la organización de las tareas entre los agentes implicados.

#### Seguridad y Salud en tareas de mantenimiento posterior

Desde el punto de vista de la seguridad y Salud, el modelo BIM puede ayudar a planificar e informar sobre las medidas de prevención de riesgos previstas en fase de proyecto para el mantenimiento de los elementos y equipamiento durante su vida útil, proporcionando a los gestores de mantenimiento una importante fuente de información.

### 2.2.2. Selección del software más adecuado al trabajo a realizar

Para la aplicación de la metodología BIM se hace necesario la utilización de herramientas informáticas específicas a los usos determinados y que han sido comentados en el apartado anterior, para establecer un orden en su enumeración procedemos a clasificarlo en función de las capacidades de uso de este.

#### Software de modelado

Es el software con el que cual generaremos contenido BIM, considerado como la conjunción, en un mismo elemento, de información 2D, 3D, además de información no grafica en forma de acceso a documentos del tipo ficha técnica, listas de chequeo, mantenimientos, actas de aprobación, certificados, etc. Además de generar dicho contenido, adecuaremos en cada proyecto su ubicación, planificando en cada fase su montaje y desmontaje. Es además el software que generalmente usaremos para elaborar la documentación gráfica de los documentos preventivos o para la extracción de información para su uso en otros softwares de mediciones y presupuestos.

En temas de Seguridad y Salud, lamentablemente, no existe apenas software BIM que destaque por su aplicación directa y completa en la materia. Sí ocurre con herramientas CAD. Ciertas casas comerciales han centrado esfuerzos en su desarrollo, sin embargo, el componente de integración con modelos BIM, cada día más frecuentes, se pierde. A fecha de hoy todavía no han adaptado su producto a la metodología BIM, pero hemos de confiar que lo finalmente lo hagan y sigan desarrollando su especialidad adaptándose a la nueva metodología.

#### PRL en BIM

Como herramienta BIM hay que destacar esta aplicación diseñada por la Fundación Laboral de la Construcción a través de su Línea Prevención. (Figura 1)

Con ella cualquier usuario puede cargar de forma directa un proyecto arquitectónico en formato IFC y generar el modelo digital BIM de seguridad y salud.

<https://www.fundacionlaboral.org/actualidad/noticias/fundacion/prevencion-de-riesgos-laborales>



Figura 1. Imagen inicio del software. Fuente: [www.fundacionlaboral.org](http://www.fundacionlaboral.org)

La aplicación es gratuita y descargable. Como condicionante se ha de trabajar con un proyecto en Bimserver.center. Para ello es necesario crearse una cuenta de BIMserver.center y conectarse a esta plataforma. Dispone de un manual en el que se comentan las herramientas con detalle, el flujo de trabajo a seguir y cómo crear o cargar los ficheros en formato IFC para usarlos como referencia.

Como resumen, tras importar un modelo IFC y configurar los elementos que importamos y los niveles a utilizar, pasaremos a configurar las diferentes tipologías de los elementos de seguridad a emplear. El procedimiento, que se puede ver en la figura 2, es:

1. Acceso a las opciones generales de los elementos.
2. Panel de opciones generales y de algunos elementos.
3. Panel de creación y edición de tipos de elementos. En el caso de la imagen de los tipos de caseta de obra.
4. Propiedades personalizadas de cada tipo.

Configurados los elementos, podremos ir colocándolos planta a planta, y en su debida fase constructiva a través de la barra de herramientas correspondiente. (Figura 3)

En la parte izquierda de la figura 4 se encuentra la lista de planos de planta y la vista 3D;

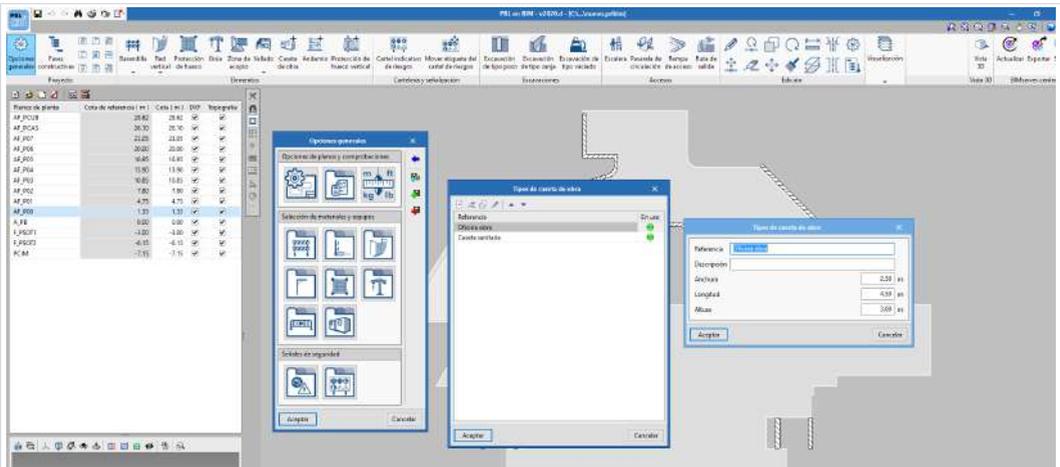


Figura 2. Imagen de la aplicación PRL en BIM – Opciones de configuración. Elaboración propia



Figura 3. Panel de herramientas principal. Elaboración propia

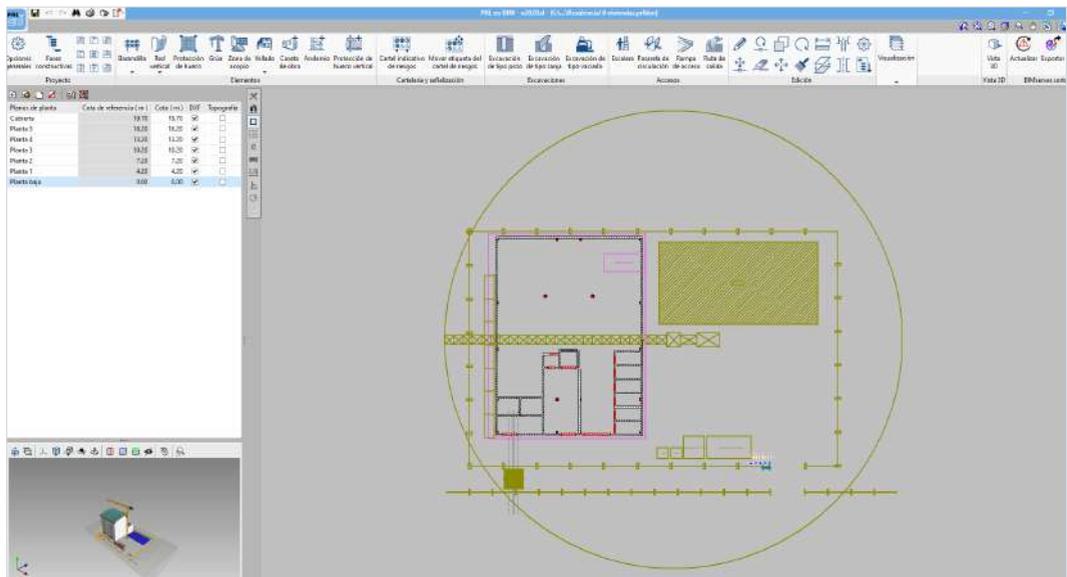
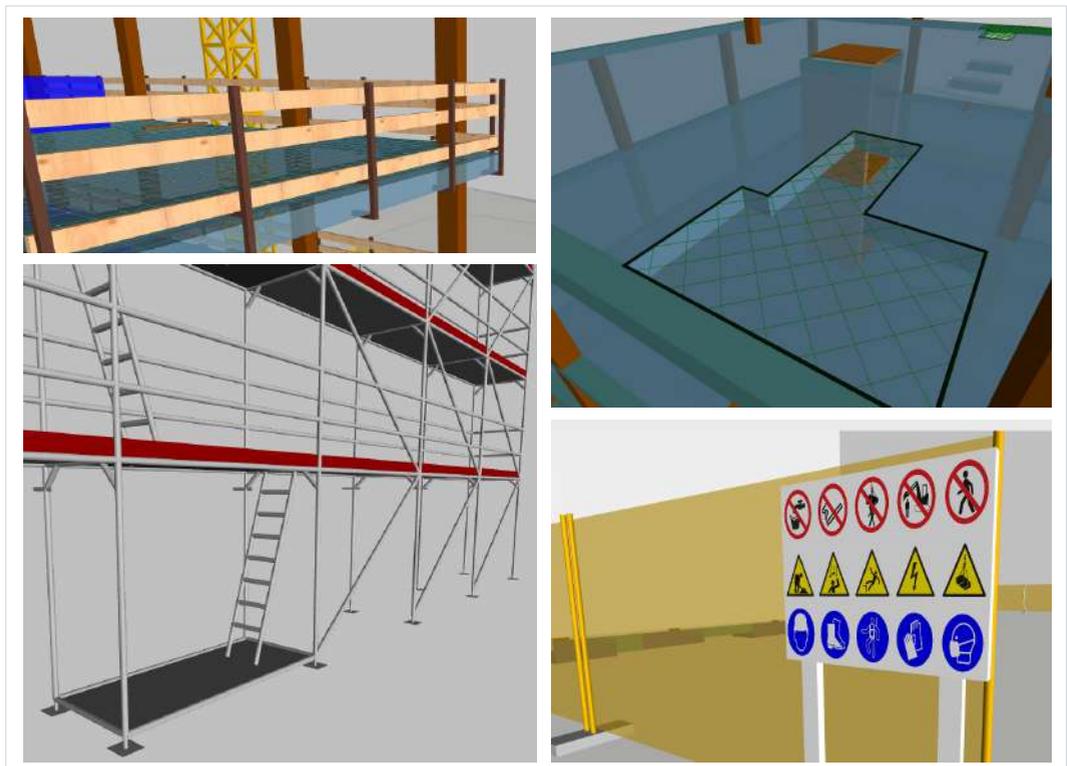


Figura 4. Imagen de la aplicación PRL en BIM – Interfaz principal. Elaboración propia



Figuras 5, 6, 7 y 8. Protecciones de borde y de huecos horizontales, andamios y señalizaciones. Manual de Instrucciones - PRL en BIM

en la parte derecha se encuentra la planta seleccionada sobre la cual se colocarán los elementos.

Cuenta con los siguientes elementos disponibles (Figuras 5 a 9):

- Protecciones colectivas como de borde y de huecos horizontales.
- Instalaciones de delimitación y señalización y recintos de higiene y bienestar, de almacenamiento, etc.
- Andamios

El software dispone de herramientas de edición tras su colocación, así como opciones de visualización por fases, capas, etc.

Las opciones de exportación del trabajo realizado son las siguientes:

- Archivo IFC del modelo
- Planos DWG, DXF, PDF
- Listados de mediciones en PDF, DOC, entre otros formatos de texto, así como en bc3

El software en sí es una buena alternativa para el modelado de la organización general de la obra como el vallado, la ubicación de casetas provisionales, señalización de obra, grúa torre y andamios tubulares, algunos elementos de protección colectivas como barandillas, protección de huecos y carteles de señalización de riesgos.

Pero cabe indicar que las opciones de personalización de los elementos son muy limitadas, en función del elemento, así como el nivel de detalle gráfico y las opciones de representación en plano. Por lo que su utilización, aunque cubre en gran porcentaje las necesidades de la mayoría de las obras, siempre nos planteará la necesidad de ser completado el modelado con otros programas en lo que a contenedores, andamios no tubulares, otro tipo de grúas, otro tipo de barandillas o redes especiales, etc., se refiere.

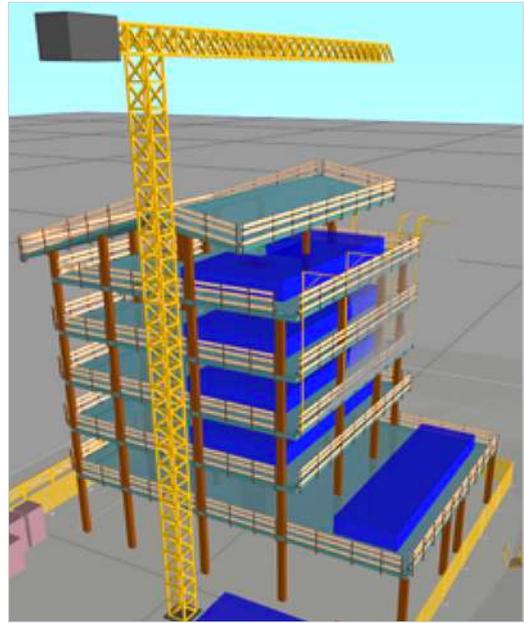


Figura 9. Vista 3D zonas de acopio. Manual de Instrucciones - PRL en BIM

Si a pesar de las restricciones de uso y de nivel de detalle, su resultado nos es suficiente, sin duda es la forma más económica y aplicada a la materia en cuestión.

### Tekla Structures

Tekla Structures es un software especializado en el modelado de estructuras desde la planificación conceptual hasta la fabricación y construcción en el sitio.

Además de recalcar su potencial en el modelado estructural, he de resaltar su posibilidad de acceso, a través de aplicaciones externas algunas de ellas gratuitas, a contenidos específicos de fabricantes. Por ejemplo, en el caso de encofrados y sus elementos de protección específicos, dispone de una gran biblioteca de contenido. Estas estructuras o medios auxiliares de construcción disponen de accesorios y de elementos de protección específicos que, aunque no es necesario medir en el capítulo

de Seguridad y Salud por considerarse integrados en las partidas correspondientes, sí conviene que sean definidos. Habitualmente su definición se realiza con detalles genéricos CAD del fabricante, detalles en ocasiones difíciles de compatibilizar con algunos puntos del proyecto. Esto, que ha de tenerse en cuenta especialmente en el Plan de seguridad y salud, se resolvería completando el mismo con un planteamiento inicial de los trabajos antes de proceder a su montaje, siempre aprobado por el CSSo. Si bien la situación ideal supondría la generación de planos de montaje detallados (en los que se reflejarían también las medidas de protección, como mínimo esto debería realizarse para aquellos trabajos y puntos especialmente conflictivos. (Figura 10).

El software es capaz de importar, exportar y vincular sus datos con otras soluciones de software, herramientas de construcción digital y maquinaria de fabricación a través de, entre otros, formatos de intercambio IFC.

Este aspecto le permite complementar a otros softwares en el modelado de ciertos elementos en los cuales está especializado.

### Acca Software

Aunque se trata de una empresa de software italiana, en su página web española (<https://www.accasoftware.com/es/software>), dispone de herramientas de modelado variadas, entre las cuales destaca "Edificius". En su catálogo de productos en Italia dispone de herramientas de modelado específico para seguridad y salud. Aunque es de esperar que sea introducido en breve en España, en el momento de redactar esta guía no es posible detallar más. La información de la que disponemos (videos, etc.) se aloja en esta web italiana <https://www.acca.it/software-piani-sicurezza>.

Si bien el uso del software ACCA no es generalizado, tendrán un papel importante en los próximos años. (Figura 11)

### ARKTEC Gest.Segur, Seguridad y Salud

Otros ejemplos más específicos para mediciones en materia de seguridad y salud es el de la casa Arktec. Nos referimos a la aplicación GEST.SEGUR, SEGURIDAD Y SALUD en entornos BIM. Si bien no es una plataforma de modelado, sí que proporciona cierto contenido BIM específico de SS para otras plataformas, que tras ser exportado a IFC, con-

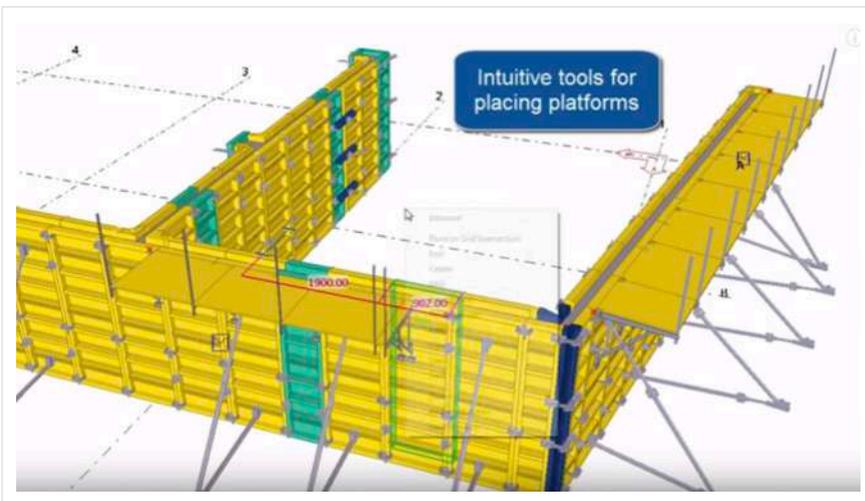


Figura 10.  
Complementos  
para encofrados en  
Tekla structures.  
Canal YouTube de  
Tekla Software

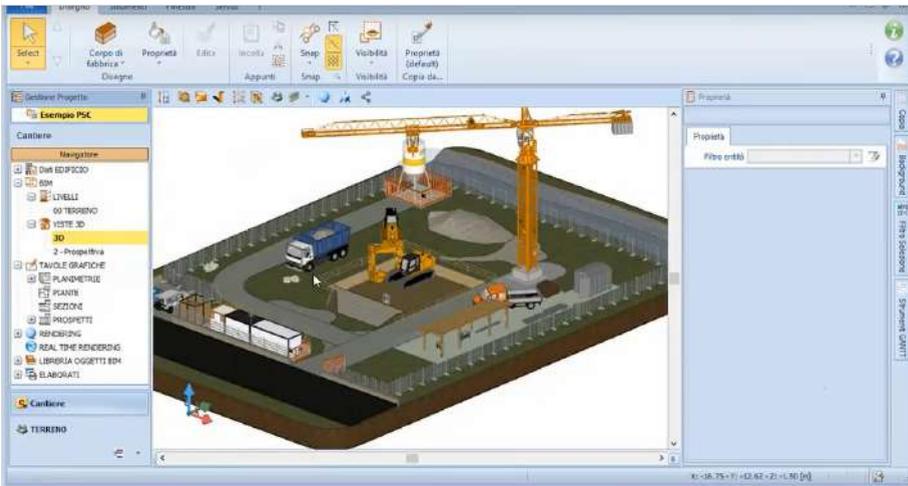


Figura 11. Software CerTus de ACCA. Canal YouTube de ACCA software – ES

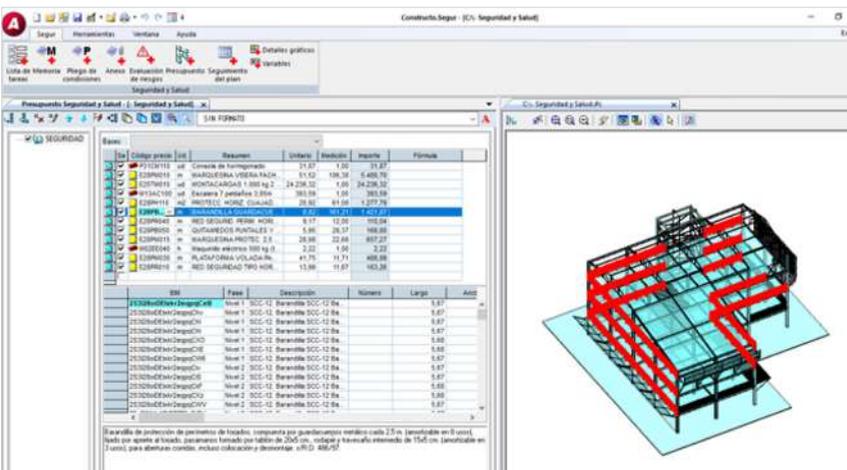


Figura 12. Software Gest.Segur. Arktec. com

tiene la información necesaria para facilitar su medición y representación en los documentos preventivos. (Figura 12)

### Autodesk Revit

Es el software según las estadísticas más utilizado y de mayor aceptación, si bien no dispone de herramientas específicas para el modelado de los elementos específicos.

Pero haciendo uso de las herramientas existentes y combinándolas con contenidos, tanto de elaboración propia como de fabricantes

específicos, podemos dar solución a la práctica totalidad de las necesidades de modelado en materia de seguridad y salud y de instalaciones provisionales.

### Archicad

Similar a Revit, Archicad es un software de modelado genérico de la casa Graphisoft.

### OpenBuildings Designer o AECOsim de Bentley

Quizás es el menos conocido en España. Se trata de otro modelador genérico, de la casa

Bentley. Bentley es otra de las marcas de software más importantes.

### **Software para consulta o consulta y seguimiento**

Es el software con el que vamos a hacer uso de los modelos realizados en BIM, considerando además de la información 2D, 3D, la información no gráfica en forma de documentos como fichas técnicas, listas de chequeo, mantenimientos, actas de aprobación, certificados, etc.

Este tipo de software, por ejemplo, servirá en fases iniciales para visualizar el proyecto arquitectónico inicial, para identificar los riesgos inherentes a su ejecución desde su inicio, y, en la medida de lo posible, ayudar al CSSP a determinar medidas o recomendar ciertos procesos de construcción o medidas de protección adicionales.

En fase de redacción de los diferentes documentos preventivos facilitarán la comunicación de los avances de este y el intercambio de propuestas de acción, sirviendo como intercambio de incidencias y facilitando su seguimiento y trazabilidad a lo largo del tiempo.

En fase de construcción, será utilizado en la formación a trabajadores por el CSSo y en las tareas de control de ejecución como soporte gráfico para el CSSo o para los recursos preventivos, entre otros responsables de la ejecución.

Si bien las herramientas de modelado pueden usarse también como herramientas de consulta, nos centraremos en distinguir aquellas cuya funcionalidad sea principalmente esa.

### **Autodesk Navisworks**

Se trata de una aplicación de Autodesk para gestión de modelos BIM. No es una herra-

mienta de modelado, sino principalmente de gestión. Su principal característica es la capacidad de integrar en un mismo modelo de visualización modelos BIM realizados con diferentes programas, así como diferentes formatos de nubes de puntos, DWG, PDF, entre otros muchos más. En total más de 60 tipos de archivo, lo que la convierte en una importante herramienta de consulta.

Como ejemplo de su uso el CSSo y/o el CSSP podrá revisar tanto el proyecto arquitectónico en fase de diseño, como el Plan de Seguridad y Salud (PSS), con mayor profundidad y detalle que con lo representado en los planos. El contratista, por su parte, con las revisiones recibidas del CSSo modificará el modelo y actualizará el PSS.

Se podrá revisar el modelo mucho más que en la documentación impresa ya que permite la gestión de interferencias de los elementos constructivos con las protecciones colectivas, con aparatos elevadores, equipos o maquinaria, con sus áreas de trabajo, sus zonas de alcance, sus áreas de influencia, con las zonas de acopio, etc. Esas revisiones pueden tener un formato de salida tipo imagen con anotaciones sobre la misma, tipo texto u hoja de cálculo en el que además de la imagen se refleje cierta información que identifiquen los elementos implicados o comentarios de texto para mayor detalle. Otro modo de revisión podría ser la inclusión de comentarios en vistas o elementos del modelo en general, para ser comentados en las reuniones de coordinación.

### **Autodesk Design Review**

Consiste en un software gratuito de Autodesk, con el que los miembros del equipo pueden acceder a los documentos 2D y 3D de diseño para su revisión, insertar marcas de revisión con comentarios más extendido en caso necesario que permitan hacer seguimiento de

estos, además de medir distancias concretas y realizar un seguimiento de los cambios en los dibujos. Las marcas de revisión y su estado se guardan en el archivo DWF.

Como ejemplo de su uso, el CSSp revisará tanto el proyecto arquitectónico en fase de diseño como el Plan de Seguridad y Salud o los documentos 2D oficiales. El constructor, con las revisiones recibidas del CSSo, hará lectura de estas y, o bien responderá con otras consideraciones justificando su solución, o bien procederá a modificar el modelo de acuerdo con las indicaciones recibidas y que han sido objeto de incidencia o rechazo. Con ello se actualizará el PSS, emitiendo un nuevo documento de respuesta.

Estas revisiones podrían realizarse tanto por medio de anotaciones de texto, como haciendo uso de las diferentes nubes de revisión con sus propiedades asociadas en los diferentes planos, o con otros elementos como bocetos a mano alzada, o con la aplicación de sellos que reflejen la aceptación o rechazo por el responsable y fecha de la misma. (Figura 13).

Ese mismo archivo puede servir de base a futuras revisiones o simplemente servir de justificación de los cambios introducidos al modelo y que explicarían la salida de una documentación renovada.

### Solibri Model Checker

Se trata también de un software de gestión de modelos BIM similar a Navisworks, si bien su funcionamiento es principalmente por medio de IFC. Tiene el propósito de aunar en un mismo modelo los diseños creados desde

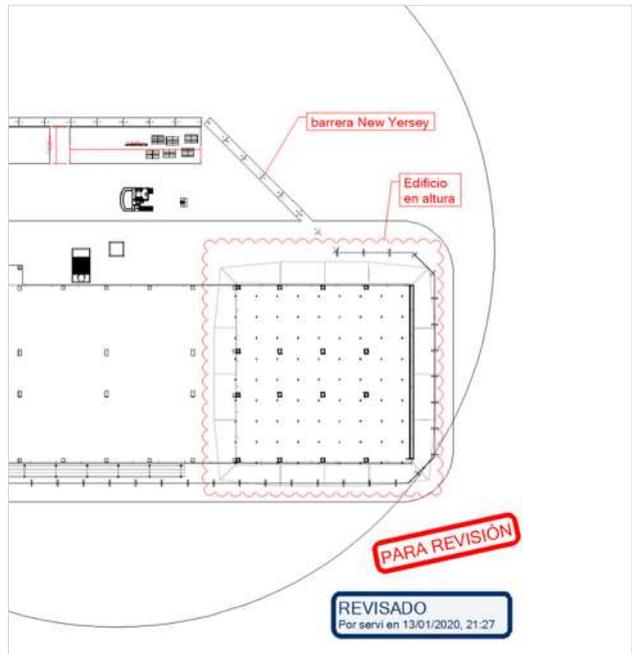


Figura 13. Imagen obtenida de Autodesk Design Review. Elaboración propia.

diferentes archivos con el objetivo de encontrar, incluso por medio de una serie de reglas configurables, conflictos en la fase previa e incluso durante la construcción, y visualizar los problemas o emitir informes.

### BIM Collab Zoom

Consiste en un software de visualización gratuito de archivos IFC y nubes de puntos. Rápido y fácil de usar, con una sencilla navegación por el modelo, con herramientas de anotación, acotación sobre el modelo y posibilidades de filtrado de los elementos por cualquier propiedad del modelo. Quizás su función más importante sea la gestión de incidencias por medio del formato de intercambio BCF, el cual le permite acceder a los elementos en conflicto, desde cualquier plataforma de diseño compatible, simplemente haciendo doble clic sobre la imagen.

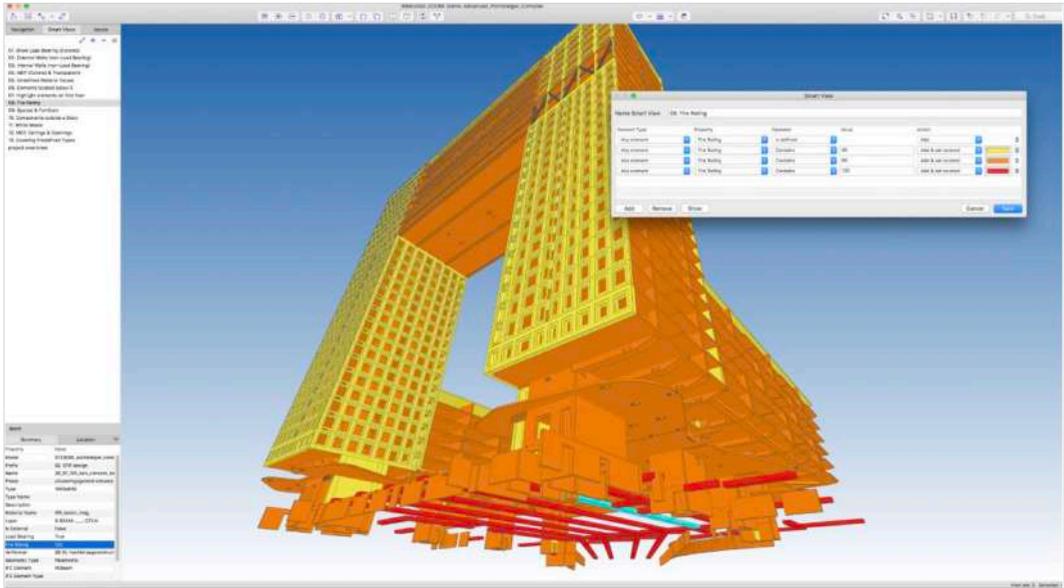


Figura 14. Vistas inteligentes. [www.bimcollab.com](http://www.bimcollab.com)

En función del número de usuarios y de proyectos a tratar con ella, esta aplicación puede requerir licencia adicional.

La versión Zoom PRO permite realizar listados de mediciones y gestión de interferencias entre otras mejoras. (Figura 14)

### **BIM 360, BIM 360 Docs, y BIM 360 Build**

Se trata de aplicaciones de servicios en la nube, accesibles tras un registro de los usuarios en la plataforma y la asignación de unos determinados roles a cada uno de ellos.

La plataforma BIM 360 Docs hace posible la gestión centralizada de archivos. Haciendo un control de versiones permite la visualización de estos sin necesidad de software adicional, e incluso la formalización de incidencias sobre los documentos para mantener la trazabilidad de las revisiones. El precio es bastante competitivo para los servicios que ofrece lo cual la convierte en una buena opción teniendo en cuenta calidad-precio.

BIM 360 Build además aporta más ventajas en el registro y gestión de la seguridad en la construcción añadiendo herramientas como la gestión de listas de chequeo incluso desde herramientas portátiles. Se puede solicitar además la inclusión de la firma del responsable de la revisión. (Figuras 15 y 16)

Otra herramienta importante es la posibilidad de personalización y generación de informes.

Si bien los servicios son más que interesantes, el coste de estos en ocasiones lo hace difícil de aplicar (no disponemos en este momento de referencias de su uso más allá de las demostraciones comerciales). Pero, sin duda, formarán parte de nuestro día a día en un futuro no muy lejano.

### **Otras**

En la actualidad existen más plataformas similares basadas principalmente en la nube y es más que posible que aparezcan más. A título orientativo podríamos destacar:

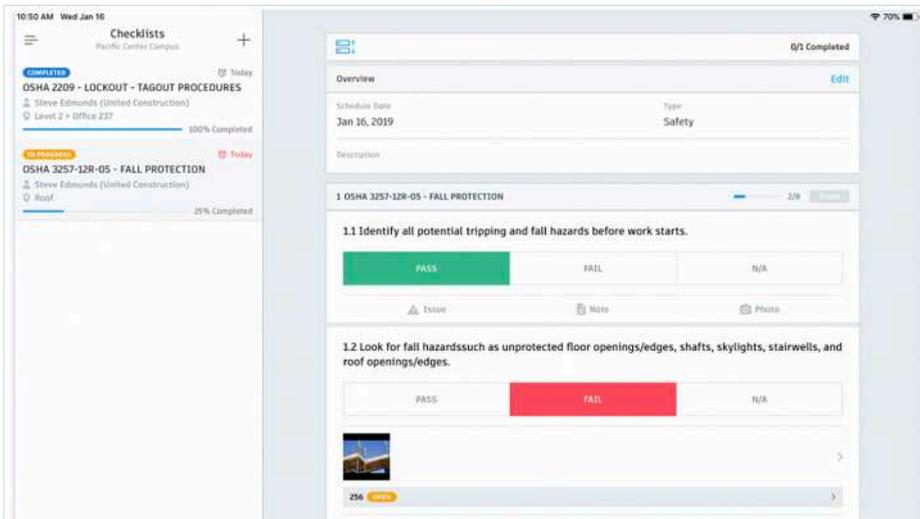


Figura 15. Listas de chequeo. Autodesk.es

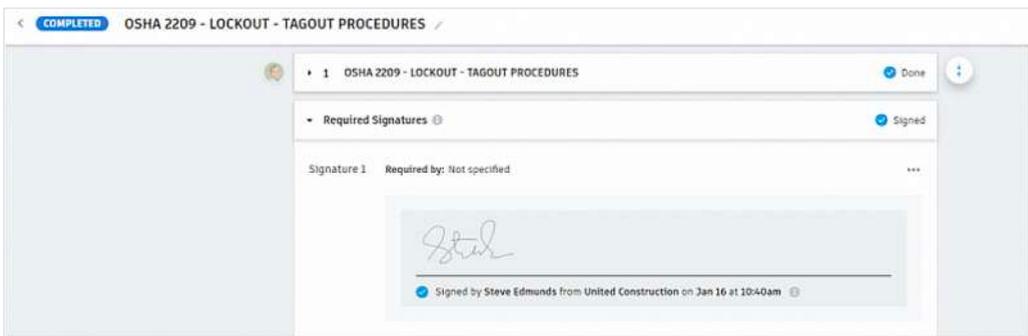


Figura 16. Firmas de documentos. Autodesk.es

- Viewpoint for Projects
- Asite
- Trimble Connect
- Bentley ProjectWise
- AllplanBimplus
- Microsoft SharePoint
- Revizto
- BIM Track

### Programas de planificación

Son programas que, además de su labor en la planificación y gestión de los trabajos de construcción, también pueden facilitar la planificación de la coordinación de la seguridad y salud.

Si, además, a los modelos BIM se les atribuyen usos de tipo simulaciones constructivas, servirán de soporte a los descritos anteriormente aportando la información de los tiempos o su interrelación con el resto de las tareas constructivas. Algunos ejemplos de software serían:

- Microsoft Project
- Synchro (Bentley)
- Vico Office for Time
- Primavera
- Presto o Arquímedes (aunque son programas para mediciones, también aportan de manera opcional funciones de planificación de obra)

### Programas de mediciones

Desde el punto de vista de la prevención, obviamente también facilitan la redacción del presupuesto a incluir en los documentos preventivos. Por otro lado, y por medio del enlace a programas de diseño o visualización, permiten la extracción de información directamente de los modelos de coordinación de la seguridad y salud, aportando coherencia y trazabilidad a los informes generados.

Algunos de los softwares más populares para mediciones y presupuestos, actualmente en el mercado, son entre otros:

- Presto+Cost-it (RIB Spain)
- ITWO (RIB Spain)
- Arquímedes y su enlace a Revit (Cype Ingenieros)
- TCQ (ITec)

Los softwares de modelado también disponen de herramientas para la obtención de listados. Otros como Navisworks incluyen entre sus funciones herramientas de cuantificación. Algunos visualizadores como BIM Vision, por medio de plugins, también añaden funciones de cuantificación a sus funciones. Podemos avanzar incluso algún otro que posiblemente aparecerá en breve como Mamba de PrecioCentro.

Cualquiera de ellos serviría para la obtención de mediciones a partir de un modelo BIM y la realización del presupuesto correspondiente.

Soluciones móviles para consulta o consulta y seguimiento

### Autodesk 360 Glue (App para Ipad)

En obra la supervisión de las medidas de seguridad se puede respaldar con dispositivos móviles y aplicaciones tipo Autodesk 360 Glue o Field que permiten la visualización "in situ" del modelo virtual y la realización de anotaciones en el mismo.

### Dalux

Es una plataforma similar a BIM 360, con aplicaciones de escritorio para visualización, aplicaciones móviles y un almacenamiento en la nube. Sus funciones varían según la licencia adoptada. Además de herramientas de comunicación de incidencias, también dispone de listas de chequeo y distribución de notas de inspección. En su propia página web destacan en ese sentido su uso para el seguimiento de la seguridad y salud. (Figura 17).



Figura 17. Listas de chequeo en Dalux. Dalux.com

Posiblemente hayan quedado fuera de esta guía otros softwares de gran aplicación en la materia, pero la intención ha sido dejar de manifiesto que actualmente ya existen. Que en función de las necesidades y de las posibilidades económicas para afrontar el coste de las licencias, el uso de estas herramientas sin duda aporta valor a las tareas realizadas con una mejor gestión.

### Soluciones para Realidad Aumentada y Realidad Virtual

El uso de AR y VR es cada vez más común en el diseño, y con ello la tecnología no solo nos permite emplazar el objeto diseñado un entorno más "inmersivo", sino que también mejora el proceso de toma de decisiones para elegir las soluciones de diseño. La imple-

mentación de esta tecnología en un proyecto requiere gran dedicación. Si el cliente desea implementarla, puede hacerlo con alguna de las siguientes herramientas:

- Lumion: Herramienta sencilla y de fácil utilización para visualización con opciones para hacer uso de la VR.
- Unity / Unity Reflect: Plataforma para uso profesional con excelente calidad en sus resultados.
- Unreal: Similar a la anterior, es una plataforma para uso profesional con excelente calidad en sus resultados.
- VT-Platform. VT-Lab: Plataforma de una empresa española especializada en desarrollar soluciones a medida gracias a la integración de la metodología BIM con VR, AR, MR (realidad mixta) para el sector AEC.
- Fuzor
- Kubity
- Iris VR
- Dalux TwinBIM (Figura 18).

Es imposible detallar las funciones de cada uno de ellos en esta guía, pero os recomendamos su análisis en caso de requerir su uso.

### 2.2.3. Generación o selección de contenido BIM adaptado a la normativa

En el apartado anterior hablamos de herramientas de software de modelado y consulta. Sin embargo, a pesar de disponer de contenido genérico variado, este suele no ser suficiente para desarrollar los requerimientos de seguridad y salud en las obras de construcción.

Se hace necesario recurrir a contenido BIM de fabricantes que lo tienen normalmente alojado en sus propias webs o a través de plataformas específicas de contenido. Una segunda opción es recurrir a la elaboración de contenido BIM genérico y propio. A continuación hacemos un recorrido de ambas opciones.

#### Plataformas de contenido BIM

##### Bimobject

Se trata de una de las principales plataformas de contenido BIM. A fecha de redacción de esta guía cuenta con 467.280 objetos de 1.604 fabricantes. El contenido, según el fabricante, está disponible para varias platafor-



Seguridad y salud BIM+VR+AR, Caso de uso

Figura 18. Navegación con realidad virtual. Canal de Youtube de la empresa VT-Lab

Tipo de objeto BIM

Cocina (1,979)

- Armarios de Cocina (597)
- Cocina - Otros (8)
- Electrodomésticos de cocina (607)
- Encimeras (158)
- Fregaderos (224)
- Grifos y mezcladores de cocina (385)

Construcción (4,007)

- Accesorios para tejado (388)
- Almacenamiento (8)
- Ascensores, sistemas de elevación (48)
- Balcones, miradores (14)
- Barandillas (313)
- Cerrajería (176)
- Chimeneas (51)
- Construcción - Otros (181)
- Cubiertas (1,213)
- Decks, Losas y Soelos (91)
- Detalles constructivos (2)
- Documentación (44)
- Escaleras (54)
- Escaleras de mano (59)
- Escaleras mecánicas (15)
- Falsos techos (441)
- Marcos y armazones (26)
- Obra (238)

Figura 19. Tipología de objetos en bimobject. <https://www.bimobject.com/es>

mas y software. Dispone de un potente buscador que nos puede llevar a elegir, por Tipos de objetos BIM, objetos específicos de "obra" para incluir en los documentos de prevención. (Figura 19)

Se puede elegir maquinaria de elevación, vallados de obra, y otros medios auxiliares, que servirán de gran ayuda para los planos de las diferentes fases de construcción. (Figura 20)

Dispone, además, de plugins para diversas plataformas para acceso directo al contenido, búsqueda de actualizaciones de familias, etc.

**BIM & CO**

Es una plataforma similar a la anterior, líder también en este sector, con contenido BIM para varias plataformas de modelado. Cuenta con un buscador muy potente, que ofrece la posibilidad de buscar según diversas clasificaciones. Una vez habituados a su uso, resulta más ágil hacer la búsqueda a través de etiquetas. (Figura 21)

238 Familias de productos · 7 marcas · 48,102 descargas

Tipo de objeto BIM: Obra Resetear filtros

JLG Nano / 830P	JLG Power Tower Duo	JLG EcoLift WR	JLG EcoLift X	JLG PecoLift X	JLG 10MSP-S	JLG 4005C	JLG 4605JC
J.G.	J.G.	J.G.	J.G.	J.G.	J.G.	J.G.	J.G.

JLG Nano SP Plus / 830SP Plus	JLG Power Tower	JLG Powerpicker	Rival JLG 3614RS	Rival JLG 4017RS	Rival Nifty HR17 4x4	Rival Nifty HR21 4x4	Rival: Genie S125
J.G.	J.G.	J.G.	P.R.	P.R.	P.R.	P.R.	P.R.

Figura 20. Maquinaria de elevación. <https://www.bimobject.com/es>

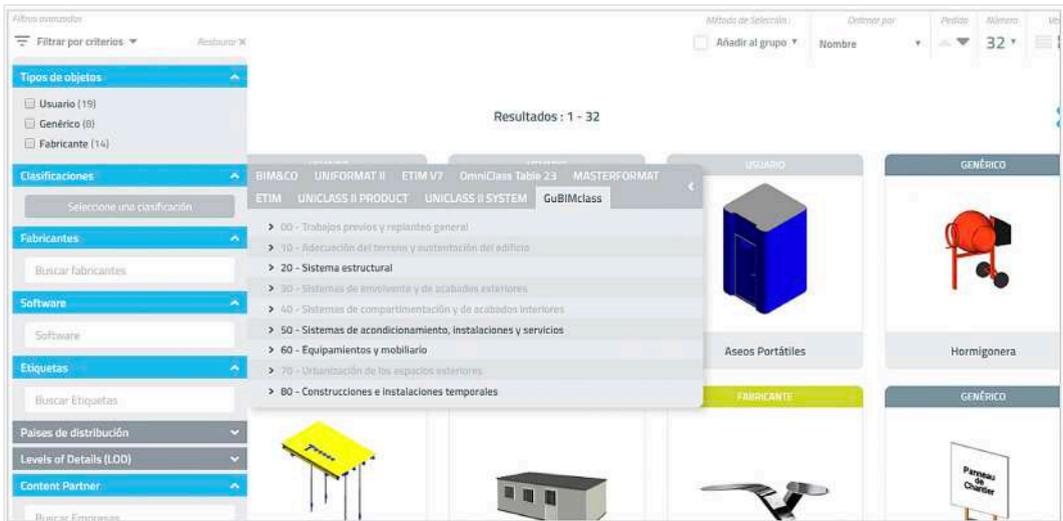


Figura 21. Selección por clasificación. <https://www.bimandco.com/es/objetos-BIM>

Cuenta además con una plataforma On fly para la gestión de contenido propio para las empresas.

### ARCAT

Similar a las anteriores, en ella se puede encontrar contenido BIM variado. (Figura 22)

### MEP Content

Es una plataforma de contenido específico para ingenierías. De ella se pueden obtener elementos para el modelado de las instalaciones provisionales, como, por ejemplo, cuadros de obra, cuadros de distribución secundarios, extintores, lumina-

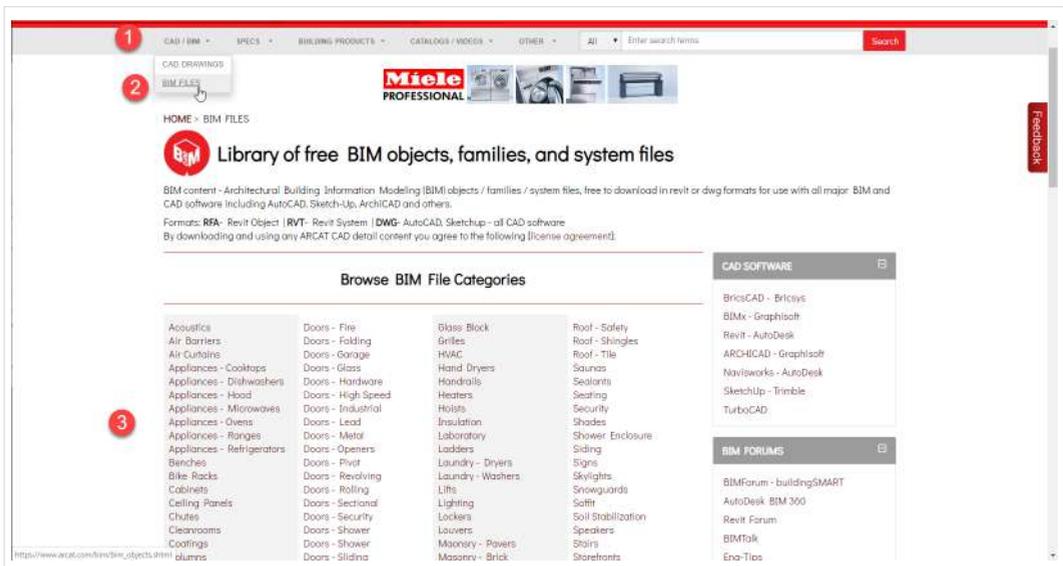


Figura 22. Proceso de búsqueda en Arcat. <https://www.arcat.com/>



Figura 23. Cuadros eléctricos. <https://www.mepcontent.com/es/>

rias estándar y luminarias de emergencia, etc. (Figura 23)

**Tekla Warehouse**

Para usuarios específicos de Tekla Structures existe Tekla Warehouse. Es un repositorio donde fabricantes y organizaciones aportan

contenido de sus productos o aplicaciones específicas para facilitar el uso de ese contenido y así potenciar su aplicación en los proyectos y obras. La forma más fácil de buscar es a través de su buscador. En la Figura 24 se aprecia la búsqueda realizada sobre contenidos relacionados con encofrados o "formwork".

Si bien hay que indicar que existe muchas más plataformas de contenido, la presente guía solo ha querido poner en conocimiento del profesional de arquitectura técnica aquellas más importantes y líderes en ese sector. Recomendamos que sean, por tanto, las primeras a buscar por la calidad de su contenido. (Figura 24)

**Complementos de fabricantes para herramientas de modelado**

Empieza a ser frecuente, y cada vez lo será más, que los fabricantes pongan a disposición no solo sus productos, sino también aplicaciones para facilitar su búsqueda, conocimiento, y, por tanto, su introducción en los modelos y con él, en los proyectos y en los

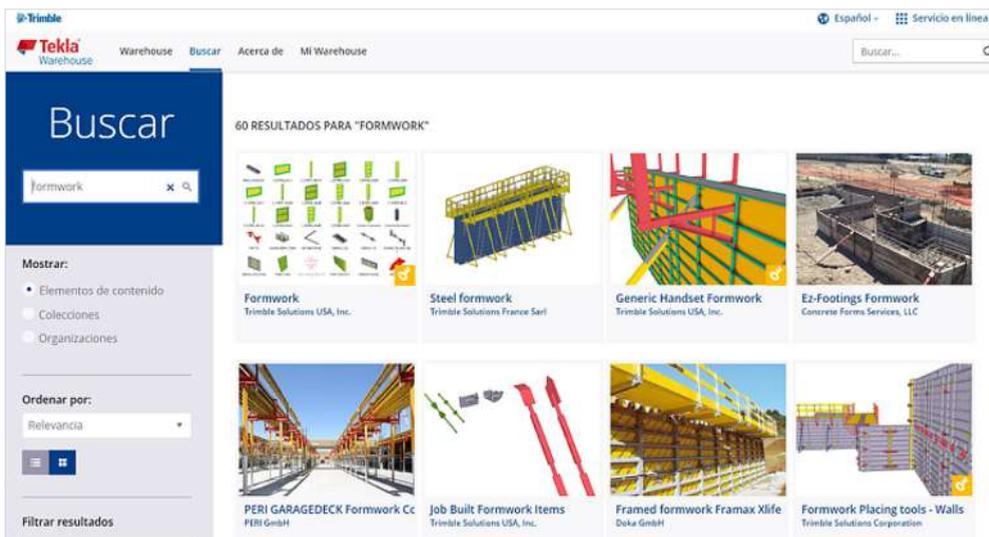


Figura 24. Sección buscar en Tekla Warehouse. [warehouse.tekla.com](http://warehouse.tekla.com)

edificios. Es posible que en materia de Seguridad y Salud aun tardemos en encontrarlas, pero, por ejemplo, en temas de encofrados ya se pueden encontrar algunas soluciones.

#### Generación de contenido BIM adaptado a la normativa

Sin embargo, a pesar de todo este abanico de posibilidades de acceso a contenido BIM, en muchas ocasiones nos veremos obligados a realizarnos el nuestro propio, bien genérico, bien haciendo uso del que ofrecen los fabricantes como punto de partida.

Para ello haremos uso de las herramientas específicas en cada software. En esta guía haremos algunas indicaciones genéricas de aplicación práctica con Autodesk Revit. De un modo similar se podría trasponer a otros softwares de modelado.

#### Modelado de módulos prefabricados para recintos de obra

El modelado de lo que conocemos coloquialmente como casetas provisionales, podría realizarse por medio de extrusiones asociadas a planos de referencia parametrizados en planta para permitir adaptarse a diversas dimensiones.

Aunque es función del creador del contenido elegir la categoría de Revit más apropiada, esta podría ser quizá la de "Emplazamiento", aunque convendría distinguir subcategoría dentro de la misma. Si quisiéramos hacer uso de la clasificación GuBIMClass para nombrar esas subcategorías, la adecuada sería "801030 Casetas". Esto nos ayudará a gestionar la visualización de este grupo de elementos.

(Figura 25 y 26)

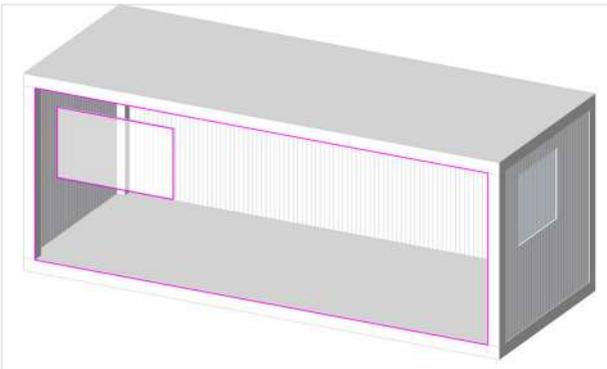


Figura 25. Modelado de familias en Revit. Revit. Elaboración propia

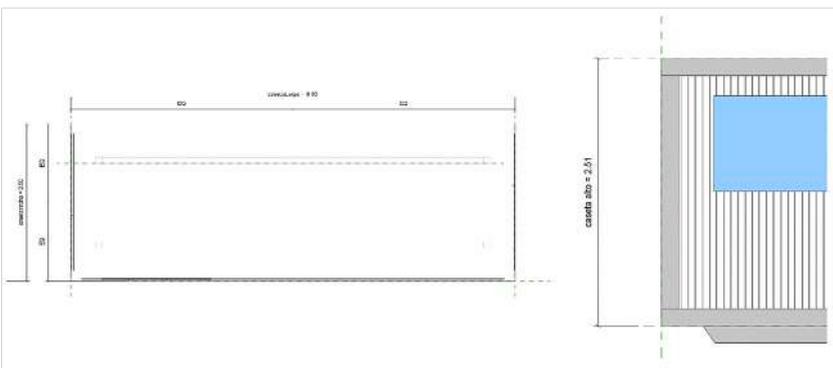


Figura 26. Modelado de familias en Revit. Revit. Elaboración propia

### Modelado de instalaciones provisionales

El modelado de las instalaciones provisionales de suministro de agua, baja tensión, alumbrado, etc., para la obra, se hará haciendo uso de los elementos y familias de sistema usado en otras instalaciones. Deberíamos, pues, hacer uso de herramientas específicas de Revit para diferenciar un tipo de instalación provisional de la definitiva del edificio a construir, más allá de que se encuentren en archivos de Revit diferentes.

El primer método de gestión son los **Subproyectos**. En el caso de las instalaciones provisionales podríamos hacer uso de la clasificación GuBIMClass para nombrarlas. Serían, por tanto, los siguientes:

- **80.20.20.10 Instalación provisional eléctrica.** En su interior estarían modelados el cuadro de obra y los secundarios tanto de los recintos de servicio, sanitarios y de producción (talleres), como los de uso general en las diferentes plantas, los de alumbrado general y de emergencia a instalar. Por supuesto también a la red de alimentación de equipos y medios axilares que necesiten alimentación (aparatos elevadores, andamios, etc.) En el caso de requerirse condiciones especiales de tomas de tierra, etc., para estas instalaciones en particular, también se modelarían en este subproyecto.
- **80.20.20.20 Instalación provisional de agua.** Contendrá en su interior la red provisional de agua que, desde la acometida a la red pública, alimentará a los recintos de obra que lo requieran (sanitarios, de servicio y de producción) además de dar abastecimiento a las plantas o equipamiento fijo en dichos recintos que lo necesite, como por ejemplo silos, hormigoneras, etc.
- **80.20.20.30 Instalación provisional de saneamiento.** Completará la instalación anterior para el vertido de sobrantes o

aguas fecales o pluviales hasta la red de alcantarillado público.

- **80.20.20.40 Otras instalaciones provisionales.** Podrá ser usado para el resto de las instalaciones que pudieran ser necesarias y no puedan ser integradas en los ejemplos anteriores. Nos estamos refiriendo a sistemas de ventilación para determinados trabajos, por ejemplo, bajo rasante o espacios confinados, etc., instalaciones de detección de humos, de protección contra incendios, de alarmas, pararrayos, etc.

El segundo método, es la creación de **Tipos de sistema** específicos de tuberías y conductos, aunque solo es aplicable en este tipo de elementos. Para instalaciones eléctricas podemos hacer uso del **Tipo de servicio**, propiedad aplicable a tubos y bandejas. Podríamos hacer uso de la misma nomenclatura usada en los subproyectos para estos sistemas.

### Zonas de trabajo, producción, carga y descarga, etc.

Al igual de los módulos prefabricados para recintos de obra (o casetas), estas familias serán simples extrusiones con materiales con transparencia y, por ejemplo, podrían contener un texto de modelo 3D que en todo momento informe del uso de la correspondiente área.

También podría emplearse la categoría de Revit "Emplazamiento" y, al igual que se ha planteado en los otros elementos, se podría hacer uso de la clasificación GuBIMClass para el nombrado de estas subcategorías. Las adecuadas en este caso serían:

- **80.40.30 Delimitaciones de zonas de seguridad.** Para las áreas de tráfico de rodado y maquinaria y zonas de paso de personas.
- **80.10.50 Acopio.** Para zonas de acopios y de carga y descarga. Nos ayudará a gestionar la visualización de este grupo de elementos.



Figura 27. Modelado de áreas de trabajo o acopio con familias en Revit. Revit. Elaboración propia

Este procedimiento podría ser sustituido o completado, en el entorno de cada proyecto, con el uso de subproyectos específicos con el mismo nombre planteado. (Figura 27)

### Equipos de obra

Se engloba aquí un número enorme de objetos como maquinaria de elevación, grúas torre, montacargas, silos, depósitos, hormigoneras y resto de maquinaria que pueda encontrarse en la obra. Generalmente son, en función del nivel de detalle aplicado, familias de cierta complejidad en su modelado. Son un claro ejemplo de lo necesario que resulta hacer uso de familias de fabricantes, o de parte de sus componentes, para ser adaptadas a nuestro propio flujo de trabajo, simplificando la parametrización de estas o ampliando su información.

Aspectos importantes en la configuración de las mismas, al igual que comentamos en las anteriores, son la elección de la categoría. En este caso podría ser "Equipos especializados", si bien cabría la posibilidad de añadir, en ciertos casos, la subcategoría de "Zonas de seguridad", "Áreas de ocupación aérea" o "Áreas de trabajo", y que, por medio de extrusiones como las que se muestran en la Figura 28, aportan información y facilitan la visualización de las áreas de interés del equipo.

Este procedimiento podría ser sustituido o completado, en el entorno de cada proyecto, con el uso de subproyectos específicos y para ello, podríamos hacer uso de la clasificación GuBIMClass para el nombrado de estas. Serían las siguientes:

- **80.10.20 Grúas.** Contendría la grúa torre, los montacargas, etc.
- **80.10.60 Otros elementos de implantación de obra.** Silos, depósitos de obra, etc.
- **80.10.70 Gestión de residuos.** Contenedores de escombros, sacas, tubos de descarga, etc.
- **80.30.10 Maquinaria.** Maquinaria de movimiento de tierras, de cimentaciones especiales, maquinaria de recogida escombros, maquinaria de transporte y elevación, máquina de tratamiento de materiales y otros tipos de maquinaria.

### Protecciones colectivas: protecciones de borde, marquesinas y vallado

Las protecciones de borde (o barandillas de protección) o el vallado de obra son posiblemente los elementos de seguridad más fáciles de personalizar. Se componen de dos elementos principales: un perfil que conformará el barrido de

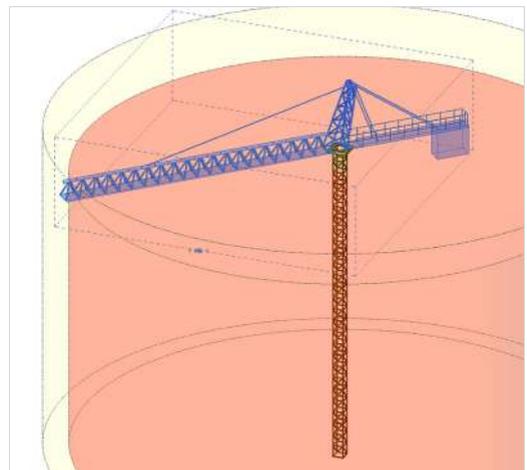


Figura 28. Modelado Áreas de barrido y de trabajo en grúas en familias en Revit. Revit. Elaboración propia

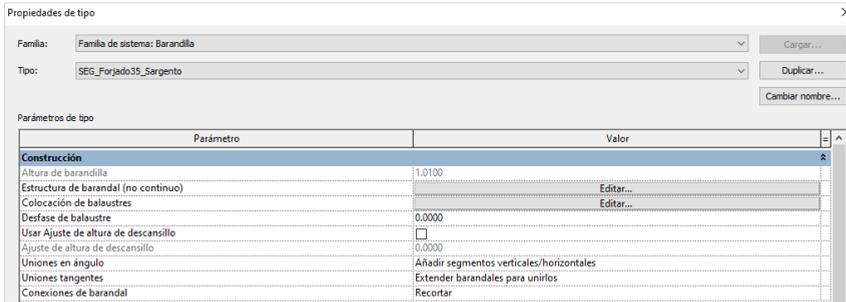


Figura 29. Configuración general de protecciones de borde (barandillas). Revit. Elaboración propia

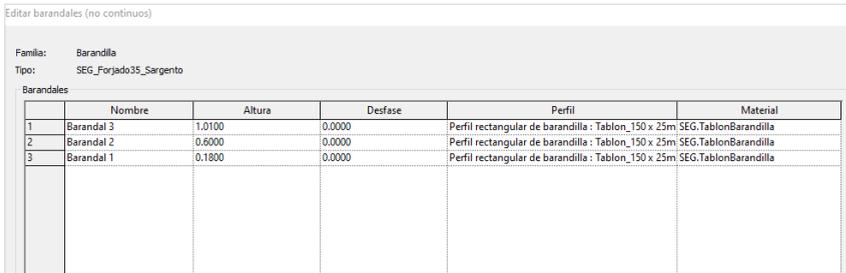


Figura 30. Configuración barandal en protecciones de borde. Revit. Elaboración propia

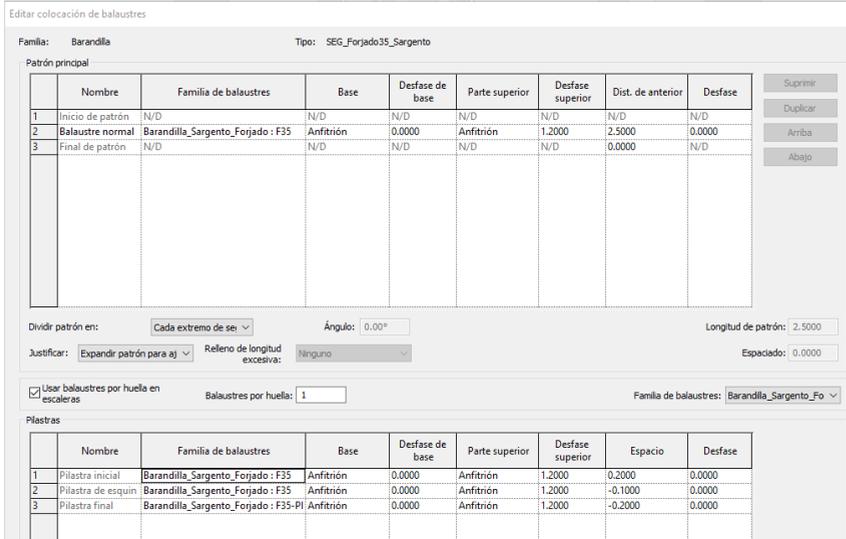


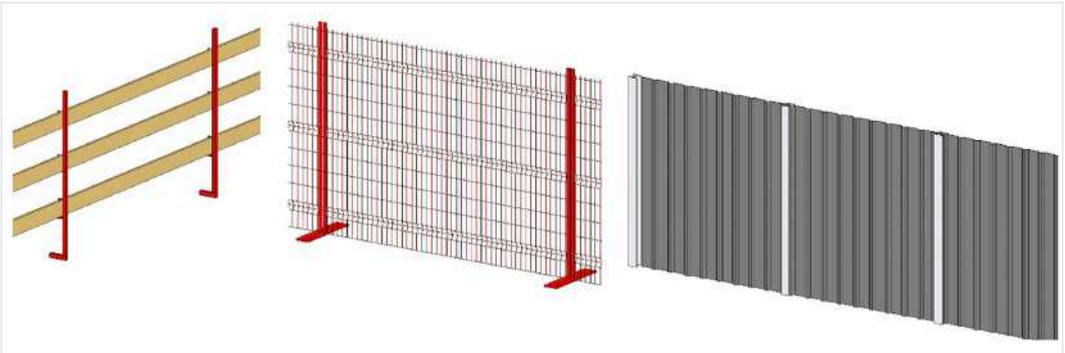
Figura 31. Configuración de soportes en barandillas. Revit. Elaboración propia

los barandales, y los balaustres que, en forma de familia independiente, se asociarán a la composición de las barandillas específicas. (Figura 29)

En la edición de barandales elegiremos previamente el perfil del elemento, su ma-

terial y la posición respecto al eje de ubicación. (Figura 30)

En la edición de la colocación de balaustres, se elegirá la familia de balaustre, tanto en esquinas como en su posición inicial y final, así



Figuras 32, 33 y 34. Vista 3D general de barandillas y de vallado realizados con barandillas o familias de balaustres. Revit.

Elaboración propia

como el patrón de balaustres en tramos intermedios. (Figura 31)

Jugando con la composición de estos elementos podremos hacer diferentes configuraciones similares a las mostradas en las figuras 32 y 33. En rojo se muestran las familias de balaustres.

Por otro lado, en la figura 34 se muestra una composición para vallado de obra realizada solo con familias de balaustres.

Del mismo modo, y haciendo uso de los mismos elementos, podemos configurar las marquesinas de protección.

Es importante la configuración e información a añadir a las mismas su asignación, en el entorno de cada proyecto, a subproyectos específicos. Esto es así porque las categorías de los componentes no son opcionales, es decir son "Barandillas" y "Balaustres". Para ello se puede hacer uso de la clasificación GuBIM-Class para el nombrado de estas. Serían las siguientes:

- **80.10.10.50 Marquesinas.** La estructura de pescantes serían los balaustres y el entablado intermedio se configuraría como barandal.

- **80.10.10.60 Lonas.** En redes horizontales perimetrales se configuraría de forma similar a la anterior propuesta.
- **80.10.40.10 Cierres perimetrales.** En las figuras anteriores se muestran algunos ejemplos.
- **80.10.40.40 Balizas de señalización.** A efectos de modelado se tratarían como barandillas.
- **80.40.10.20 Vallas de protección caídas.** En las figuras anteriores se muestran algunos ejemplos.
- **80.40.10.40 Líneas de vida.** A efectos de modelado se tratarían como barandillas.

#### Protecciones colectivas: redes tipo horca

Las redes tipo horca son elementos complejos de afrontar desde el punto de vista de un modelado constructivo por la complejidad y la variabilidad en las soluciones a adoptar en cada proyecto. Si bien de modo simplificado podríamos adoptar sistemas de barandillas, nos veríamos en situaciones difíciles de llevar a la obra en la realidad. De ahí que sea difícil ver contenido de ese estilo en las páginas web de contenido BIM. Las soluciones más aproximadas se obtienen mediante las familias de componentes adaptativos: a lo largo de un recorrido entre dos puntos que se introducen a la hora de colocar en el proyecto

se distribuyen las horcas a modo de familias anidadas genéricas y entre ellas se tienden las redes como una forma sólida entre curvas de modelo. Para las esquinas se personalizan familias específicas.

Es importante la configuración e información a añadir a las mismas su asignación, en el entorno de cada proyecto, a subproyectos específicos, y asignarles la categoría de Revit de "Barandillas". Para ello se puede hacer uso de la clasificación GuBIMClass para el nombrado de estas, que es la **80.40.10.30 Redes de protección**. (Figuras 35 y 36)

### Andamios

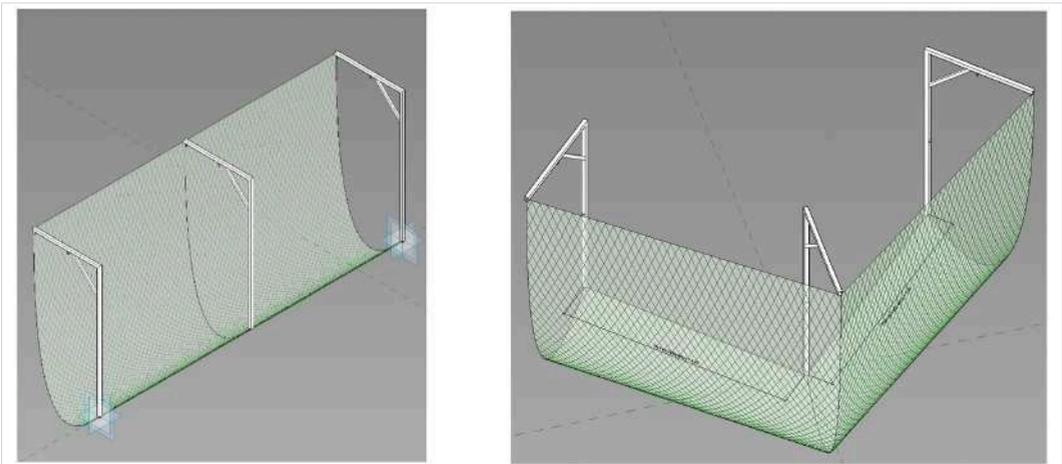
Al igual que las redes, los andamios son elementos complejos de afrontar desde el punto de vista de un modelado constructivo por la complejidad y la variabilidad en las soluciones a adoptar en cada proyecto. También es difícil de abordarlos de otro modo simplificado sin cometer grandes errores. De ahí que sea difícil ver contenido de ese tipo en las páginas web de contenido BIM. Las soluciones más aproximadas han sido a través de las familias de panel

de muro cortina, realizadas con componentes independientes y que finalmente son configurados dentro de un muro cortina con multitud de opciones de visualización para mostrar o no accesorios de montaje, refuerzos, lonas, barandillas delanteras o laterales, etc.

Como ejemplo de aplicación, os recomendamos el video "BiMMate-Seguridad y salud II-Sistema de andamio modular", publicado por BiMMate en su canal de YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=FVNpZszSppM&t=364s>) (Figura 37)

Es importante la configuración e información a añadir a las mismas su asignación, en el entorno de cada proyecto, a subproyectos específicos, y asignarles la categoría de Revit de "Muro Cortina". Para ello se puede hacer uso de la clasificación GuBIMClass para el nombrado de esta. Serían las siguientes:

- **80.10.10 Andamios**. En este subproyecto se modelarían los andamios tubulares y los andamios eléctricos destinados a plataformas de trabajo, así como cualquier estructura similar a ellos.



Figuras 35 y 36. Familia red estándar y red de esquinar. Familia genérica adaptativa. Revit. Elaboración propia

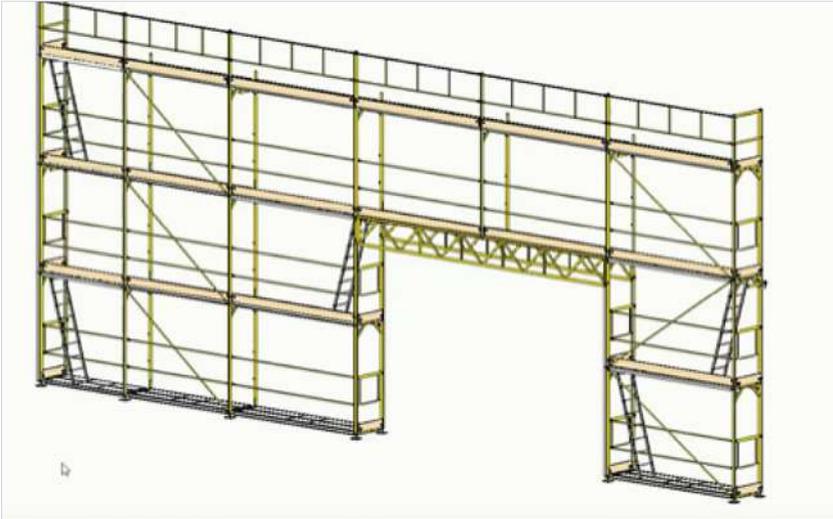


Figura 37. Andamio tubular realizado en Revit. Canal de YouTube de BiMMate

- **80.10.10.40 Andamio móvil.** Se modelarán posibles ubicaciones de andamios móviles a lo largo de la construcción.

### Encofrados

Al igual que decíamos para los andamios, también los encofrados son elementos complejos de afrontar desde el punto de vista de un modelado constructivo. Y por la misma razón: por la complejidad y la variabilidad en las soluciones a adoptar en cada proyecto; si queremos ir con alto nivel de detalle para definir puntos conflictivos en el montaje; si queremos dar solución a sus elementos de seguridad; si deseamos abordarlos de modo simplificado.

Se podrían usar muros, suelos y pilares estructurales redondos, por ejemplo, para simular puntales, pero podríamos cometer grandes errores constructivos de montaje, de ahí a que sea difícil ver contenido de ese estilo en las páginas web de contenido BIM. Las soluciones más aproximadas se han conseguido mediante las familias de panel de muro cortina que son configurados dentro de un muro cortina, o por medio de com-

posiciones manuales realizadas con componentes independientes. Ambas soluciones tienen multitud de opciones de visualización para mostrar o no accesorios de montaje, refuerzos, lonas, barandillas delanteras o laterales, etc.

Es importante la configuración e información a añadir a las mismas su asignación, en el entorno de cada proyecto, a subproyectos específicos, y asignarles la categoría de Revit de "Contrafuerte estructural", "Conexión estructural" o similar. Para ello se puede hacer uso de la clasificación GuBIMClass para el nombrado de esta. Sería la siguiente:

- **80.20.10.40 Encofrados auxiliares.** A efectos de modelado se tratarían como barandillas.

### 2.2.4. Problemas específicos en su aplicación

La aplicación de la metodología BIM a la Seguridad y Salud en las obras de construcción ha de solventar, y la presente guía tiene intención de ayudar en ello, a cubrir una serie de problemas específicos además de los inherentes a la implementación de la metodología en sí.

### Alcance

Por un lado, nos encontramos con la problemática de determinar el alcance de lo que se pretende con el modelado BIM. Principalmente será la aplicación de una organización de los trabajos, equipos y distribución de espacios que, cumpliendo la normativa, permitan una ejecución de las unidades de obra en condiciones de seguridad para los trabajadores y su entorno. Queda en todo caso fuera de su alcance la gestión de los equipos de protección individual (EPIs) y de otras tareas preventivas que no puedan plasmarse de forma gráfica, como por ejemplo la formación o las reuniones de coordinación.

### Herramientas

Por otro, puede ser un problema la elección de la herramienta de modelado específico. Son pocas y las que existen tienen carencias en cuanto a contenido.

### Planificación y organización de los modelos BIM en Autodesk Revit

El punto de partida para el modelado BIM de la organización de la obra y de los sistemas de protección colectiva de un proyecto será el modelo BIM de la construcción a ejecutar. Como modelo BIM entenderemos la totalidad de modelos en aquellos casos en los que, debido a la envergadura o estructuración de este, se haya obligado a subdividir el mismo por zonas, edificios o disciplinas, esto es, arquitectura, estructura, instalaciones, etc.

Mediante el empleo de herramientas específicas del software de modelado elegido, como son los subproyectos, las opciones de diseño y las fases (en el caso de Autodesk Revit), es posible el establecimiento de vistas del modelo en función del estado de la obra y de la programación de trabajos prevista. Así, por ejemplo, en fase de cimentación puede ser conveniente situar provisionalmente la oficina

y otros recintos de servicios de obra en una zona, y necesitar llevarlos a otra ubicación en fase de estructura. Con todo ello obtendremos un modelo del cual poder obtener geometría, información adicional, tablas, y documentación 2D, 3D, imágenes, etc.

La problemática reside en la correcta organización de los modelos para permitir la asignación de los elementos constructivos a su fase correspondiente, ya que puede darse el caso de no tener permisos para editar dicha configuración, o que el modelado de base no esté finalizado y se esté realizando de modo simultáneo, situación más que habitual en el día a día.

A partir de estos, y del mismo modo, se estructura una composición de modelos en función de la envergadura de la construcción. Se plantean los siguientes modelos como mínimo:

1. Modelo de seguridad y organización de obra. Este modelo contendrá específicamente la organización general de las obras, haciendo hincapié en la disposición de instalaciones provisionales de suministro y evacuación (pe. bajantes de escombros), de uso y servicio y de delimitación y protección (vallado perimetral, barreras móviles, etc.); los aparatos de elevación y resto de maquinaria; y los medios auxiliares (andamios de cualquier tipo). También contendrá la disposición de protecciones colectivas, por ejemplo, para evitar la caída de personas y materiales a distinto nivel (redes tipo horca, bandejas, redes verticales, horizontales, protecciones de borde, marquesinas, etc.). Ese contenido BIM dispondrá de información específica como memoria, detalles, pliegos, áreas de influencia a considerar tanto en materia de seguridad como sobre el funcionamiento correcto de los equipos.
2. Modelo de encofrados. Este modelo podría contener aquellos medios auxiliares que se

emplean para la ejecución de determinados elementos constructivos y que por su envergadura e importancia puedan afectar a la seguridad de las obras. Por ejemplo, el modelado de encofrados continuos de forjados planos o reticulares, encofrados de muros, encofrados trepantes, cimbras, etc. Si el sistema de encofrado dispone de elementos de seguridad específicos, estos se modelarán como familias anidadas y serán susceptibles de medición, aunque no pertenezcan al anterior modelo planteado.

Conviene indicar que estos modelos pasarán por dos fases en condiciones normales de colaboración: una para la elaboración del Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico; y otra que supondrá la evolución que la empresa contratista realizará sobre el anterior (ESS o EBSS), bien actualizando el contenido BIM del modelo a los medios que realmente empleará, bien planteando medidas alternativas, y que quedarán plasmadas en el PSS para su aprobación por el CSSo.

A efectos de lo comentado anteriormente, y desde el punto de vista de documentos 2D con el objetivo de su uso para visualización, mostrar la implantación de medidas preventivas en distintas fases de proyecto en diferentes planos está resuelto.

Sin embargo, para su visualización 3D, la posibilidad de visualizar diferentes vistas dependerá de las opciones que nos ofrezca el visualizador: se podrá hacer desde un mismo archivo, o será necesario hacer un archivo por cada fase. Hoy en día la mayoría de los softwares permiten la segunda opción, aunque para ello sea necesario una configuración previa y estratégica para que sea posible por medio de filtros.

#### Mediciones y presupuesto

Debido a que, como ya se ha indicado, quedan fuera del ámbito de modelado BIM la

gestión de los EPIs y la formación o las reuniones de coordinación, todo esto se deberá incluir como partidas a considerar fuera del modelo BIM.

En materia de Seguridad y Salud hay elementos, como las redes de protección, que se colocan en un nivel de la estructura, posteriormente son desmontadas y recolocadas en plantas superiores según se van ejecutando los diferentes forjados. Pero a efectos de modelado, en realidad son demolidas y vueltas a ejecutar. A efectos del cálculo del presupuesto de SyS, no deben ser consideradas como elementos nuevos, sino medidas únicamente en su fase inicial de colocación.

#### Seguimiento de la seguridad y salud

El flujo de trabajo para el seguimiento y aprobación de la documentación relativa a la Seguridad y Salud es tradicionalmente muy documental. Sin embargo, como hemos visto, existen en la actualidad herramientas informáticas que posibilitan ese seguimiento de manera más digital, más fácilmente rastreable en el día a día, incluso con asignación de roles y permisos. Otras versiones menos completas permiten, por lo menos, facilitar las comunicaciones y mantenerlas centralizadas junto a los documentos aprobados.

Aunque pueda seguir siendo necesaria la gestión documental, conviene usar esta metodología para mejorar las comunicaciones y la formación y el seguimiento.

## 3. NECESIDADES DE INFORMACIÓN EN LAS LICITACIONES

### 3.1. Requerimientos BIM en materia de Seguridad y Salud en la actualidad

En la actualidad no son frecuentes las licitaciones en las que haya requerimientos BIM en

sus condiciones y, todavía menos, las que los tienen en materia de Seguridad y Salud.

Tras analizar algunas licitaciones en las que sí que se requería el tratamiento de la seguridad y salud dentro de proyectos realizados en metodología BIM, se observan las siguientes consideraciones:

- No se detalla en profundidad el uso que se le va a dar a los modelos en materia preventiva. En otras ocasiones se valora el uso de la metodología BIM en función de los objetivos que se pretenden dentro de un listado, pero sin especificar los mínimos necesarios. Es una cuestión que no debería de depender del licitante.
- Independientemente de que se especifique el uso de BIM, un aspecto importante que suele ser especificado es la sistemática que aplicar para el control de la documentación y para la gestión de revisiones y aprobación de documentos. Sin embargo, no se especifican requisitos mínimos.
- Son factores evaluables el análisis de la situación actual de la integración de la prevención de riesgos con BIM, las posibles propuestas estratégicas en ese sentido, la formación necesaria para su implementación, y la estructura y contenido del modelo de gestión.
- En cuanto a la cualificación y experiencia del personal a realizar las tareas licitadas se evalúa, además de su formación académica, el nivel de estudios de carácter preventivo haciendo hincapié en el nivel superior para determinadas tareas. Pero también empieza a valorarse la experiencia en trabajos de consultoría BIM, formación en herramientas BIM o la participación en eventos o como docente en cursos especializados en los que BIM sea la base.
- No se detalla para ellos el contenido de información mínimo de los elementos, y su

nivel de detalle se establece de forma genérica junto con el resto de las disciplinas.

- Se habla y valora el uso de plataformas de comunicación, pero no se especifica la frecuencia de los reportes de información ni las características de esta.
- No se especifica nada al respecto del software de modelado. En ocasiones se refieren más a software de CAD específico en materia de Seguridad y Salud, o a programas de mediciones y presupuestos que a software de modelado BIM. Se potencia pues más el documento 2D tradicional que la información del modelo 3D coordinada con el modelo constructivo.
- Se suele valorar positivamente el empleo de formatos de intercambio estándar IFC frente a los nativos.
- Se valora la enumeración de las actividades de obra que se van a controlar y que se programarán como puntos de inspección por zonas. Sin embargo, no se especifica qué medios o cómo se reportará la ejecución de dichas inspecciones.

### 3.2. Requerimientos BIM exigibles en materia de Seguridad y Salud

Los requisitos de información se definen como un conjunto de especificaciones sobre la información que debe producirse, cuándo, su método de producción y su destinatario. Su definición guarda similitudes con el resto de las disciplinas de modelado.

Esos requisitos, según la ISO 19650, pueden clasificarse en 4 apartados y, en materia de Seguridad y Salud consistirían en los siguientes:

OIR: Requisitos de Información de la Organización relativos a sus objetivos

- Objetivos del cliente. Uso Pretendido del Modelo. Deberían especificarse los usos mínimos a ser cubiertos por los modelos BIM y dejar como opcionales a valorar el

cumplimiento de otros más opcionales. Entre los mínimos estaría la correcta organización de las instalaciones provisionales y la organización de la obra (recintos de uso y servicio, vallados, definición de los accesos, vías de circulación de vehículos y personas, implantación de los equipos de obra y de los medios auxiliares, protecciones colectivas, etc. Podría considerarse valorar el modelado de los sistemas de protección más complejos como los necesarios en trabajos de encofrados, apeos, hormigonado, cimentaciones especiales, etc., más allá de los típicos detalles en CAD.

- Requisitos de coordinación y detección de interferencias. Debe de ser coherente con el uso del modelo evitando trabajo innecesario en tareas de modelado si su coordinación no lo requiere.
- Competencias mínimas de los ofertantes. No solo a nivel de titulación académica sino también de formación en materia preventiva (de nivel básico, medio o superior en prevención), experiencia en trabajos similares y relación de estos. También podrían introducirse requerimientos de formación o experiencia en BIM, principalmente para el modelado de los elementos nombrados anteriormente, ya que, como hemos visto, algunos de ellos requieren de cierta experiencia y destreza. Se podría indicar esto en una tabla de contactos por disciplina con datos relativos a su identificación y experiencia.
- Gestión de cualquier cambio o modificación de la documentación original objeto del contrato.

**PIR: Requisitos de Información del Proyecto relativos a su desarrollo**

- Softwares obligatorios en el proyecto y versión. Deberían de especificarse los diferentes softwares y versiones a utilizar, o sus compatibilidades, en materia de modelado de los elementos relacionados con la

Seguridad y Salud, de mediciones y presupuestos y de su seguimiento, potenciando y dando más valor a la información del modelo 3D coordinada con el modelo constructivo que a los detalles genéricos 2D.

- Definición de entregables en cada fase. Con el fin de acotar las responsabilidades que entraña la configuración de la exportación, debería ser obligatorio que en las entregas se incluyera el formato nativo de la herramienta principal (en caso de exigirse) y la versión en formato IFC.
- Estándares y guías de procesos BIM.
  - Estándares de la organización en caso de disponerse. Se establecerá un listado centralizado que permanecerá actualizado en todo momento y que identificará la versión del documento vigente.
  - Sistemas de clasificación a emplear en los elementos de seguridad modelados. Como mínimo debería de ser el sistema GuBIMClass.
- Tabla de desarrollo del modelo.
  - Elementos a modelar y cuales no son necesarios.
  - Niveles de Detalle e Información. LOD y LOI para cada uno de los elementos del modelo.
- Información específica que debe estar incluida o excluida obligatoriamente de los modelos. En este sentido sería recomendable el establecimiento a través de IFC de un conjunto de propiedades definido (PropertySet o Pset\_Seguridad y Salud) obligatoria a los elementos.
- Es necesario definir la plataforma de intercambio de información o los requisitos de esta, ya que es la forma más adecuada de gestionar la documentación generada y la actualización de la misma; y además de facilitar un acceso centralizado a los documentos aprobados, facilita la aprobación o la gestión de incidencias en los mismos.

- Aplicación de la seguridad en las diferentes fases de ejecución.
- Planificación estimada de los trabajos. Debe reflejar tanto la redacción de los documentos preventivos como los periodos de revisión y corrección de errores, así como los procedimientos para los mismos. También se programarán, usando como base la programación de obra, el chequeo de determinados puntos de inspección, listas de chequeo con los aspectos importantes a inspeccionar. Se incluirá, en caso necesario, soporte gráfico por medio de fotografías de ejecución, fotos parciales de los planos de ejecución o la identificación y firma del operador responsable.
- Tabla aproximada de asignación de las responsabilidades de cada agente.
- Estrategias de reuniones de coordinación.
- Procedimientos de seguimiento y control de ejecución. Con qué software se realizarán las consultas del modelo en obra y la comunicación de las incidencias producidas durante el proceso; quién debe de realizarlas y, por tanto, firmar el documento justificativo correspondiente, justificar su seguimiento y realizar la comunicación de las correcciones efectuadas para su aprobación definitiva. Requerimientos con apoyos gráficos de lo planificado y la fotografía de lo realmente ejecutado, etc.
- Debería valorarse positivamente el apoyo de plataformas especializadas en la gestión de listas de chequeo con dispositivos móviles que permitan la firma del operador y, por tanto, permitan su seguimiento detallado, así como su gestión documental en la nube.
- Programa de formación en materia preventiva. Debería de preverse el número de formaciones en materia preventiva, de asistencia recomendada u obligatoria, así como el contenido mínimo de dicha formación. Además, la impartición de esa formación debería de ser obligatoria previamente a la realización de determinadas tareas como, por ejemplo, movimiento de tierras, trabajos de cimentaciones y estructura, albañilería, montaje de redes de protección, encofrados, etc.
- Gestión de cambios. Instrucciones de actuación para la gestión de los trabajos en caso de producirse cualquier modificación de la documentación de partida en función de la envergadura y alcance del cambio.
- Actualización del modelo durante el transcurso de la ejecución. Se identifica al responsable de la actualización del documento, al responsable de su aprobación en cumplimiento de unos requisitos previamente expuestos, así como a los responsables de ponerlo a disposición de todos los agentes en tiempo y forma dentro de la documentación aprobada, y eliminando aquellos documentos derogados.

### EIR: Requisitos de Intercambio de Información entre dos partes sujetas a una contratación.

- Procesos colaborativos. Determinando el Entorno Común de Datos (CDE- Common Data Environment) a emplear para el intercambio y consulta de la información actualizada y en vigor, ya sea por medio de carpetas compartidas en servidores propios o por medios de plataformas como las indicadas en apartados anteriores. Así mismo, podría indicarse la organización mínima de la estructura de carpetas de acuerdo con la ISO 19650 y el establecimiento de una serie de roles y permisos mínimos de acceso a consulta y edición de los archivos.
- Estrategia de entregas y reportes de informes de incidencias. Periodicidad de las mismas.
- Formatos para el intercambio de información. Nativos del software de modelado y /o formato de intercambio estándar IFC, PDF, etc.

## 4. RESPUESTA A LAS NECESIDADES DE INFORMACIÓN CON METODOLOGÍA BIM

Con todo lo indicado anteriormente, el presente apartado tratará de sintetizar qué acciones deberá tomar el profesional de la Arquitectura Técnica para realizar sus funciones de la forma más eficiente posible haciendo uso de la metodología BIM y atender a los requerimientos del apartado anterior.

### 4.1. Respuesta a los requisitos de información de la organización

En primer lugar, para atender a una licitación deberemos incluir en el Plan de Ejecución BIM los usos requeridos que nos solicita el cliente y que, en materia de seguridad y salud, se han resumido en el apartado "2.2.2 Determinación del alcance".

- Visualización del proyecto arquitectónico.
- Organización de las obras y Coordinación 3D de la Seguridad y Salud.
- Seguridad estructural de las construcciones durante las obras.
- Generación de documentación 2D (planos).
- Obtención de mediciones desde el punto de vista de la Seguridad y Salud.
- Validación de la normativa.
- Análisis de las instalaciones.
- Medioambiente.
- Simulaciones constructivas.
- Simulaciones Realidad Virtual (VR) o Realidad Aumentada (AR).
- Seguimiento en obra de la Seguridad y Salud.
- Seguridad y Salud en tareas de mantenimiento posterior.

Desde ese momento, cualquier acción o documento que se genere debe tener como objetivo, atender a esas necesidades.

Determinar y justificar las competencias mínimas de los ofertantes es otro de los aspectos

a considerar. Son puntos valorables el formar equipo para desarrollar los trabajos a realizar con gente titulada o formada académicamente, pero además con la suficientes experiencia y formación adicional para las tareas que se consideren. Este nivel de capacitación no tiene porqué recaer en una única persona y, menos aún en proyectos de gran envergadura. Se trata de formar un equipo estructurado por tareas y niveles de forma que las tareas sean realizadas por el perfil más competente para ello. Esta justificación podría realizarse con una propuesta de equipo, con su organigrama de funcionamiento y adjuntando una breve descripción de su currículum vitae, destacando sus principales capacitaciones para el proyecto y completando la información a su perfil completo en caso de requerirse.

### 4.2. Respuesta a los requisitos de información del proyecto

Desde el punto de vista tecnológico, además de elegir los equipos informáticos necesarios ya sean portátiles o fijos, se deberá estudiar el mapa de software existente en el mercado para las diferentes tareas a realizar y para poder dar respuesta a los usos requeridos por el cliente. En ocasiones cumplir los objetivos hará necesario hacer uso de más de un tipo de software y por tanto su elección es crucial. Como vimos en el apartado correspondiente y centrándose en la Seguridad y Salud, los podemos distinguir en varios apartados:

#### Software de modelado

Si el profesional de la Arquitectura Técnica tiene como tarea principal la elaboración de Estudios de Seguridad y Salud requerirá de este tipo de software para el modelado de la organización de obra, de las protecciones colectivas, y como apoyo a la documentación en forma de planos o mediciones y presupuestos. Más allá de la elaboración de este tipo de documentos, podría emplearlo tam-

bién para estudiar alternativas de ejecución de ciertos trabajos y, por tanto, la necesidad de contemplar también sus medidas preventivas, ampliándose de ese modo a otros roles.

### Software de consulta y/o seguimiento

Su requerimiento será necesario si lo que se pretende es seguir haciendo uso de los modelos BIM de proyecto para el análisis de la idoneidad de los procedimientos constructivos elegidos y la adopción de las medidas de prevención de riesgos a adoptar. Por lo tanto para aquellos intervinientes que, de un modo u otro y sin necesidad de intervenir en el modelado de elementos, sí que pueden establecer condiciones o requerimientos especiales de ejecución para garantizar la Seguridad y Salud en las obras, realizando las indicaciones digitalmente, sobre los elementos concretos, facilitando la comunicación, evitando malos entendidos y permitiendo el seguimiento de la correcta ejecución e intervención de los profesionales de cara a resolver alguna incidencia. Es, por tanto, ideal para garantizar la consulta de los modelos vigentes en cada momento y del estado de las incidencias comunicadas.

### Programas de planificación

Su elección determinará el nivel de detalle y las opciones de seguimiento del mismo en fase de construcción, además de servir de base para su enlace con los modelos geométricos.

### Programas de mediciones

Ídem a la anterior

### Soluciones móviles para consulta o para la consulta y seguimiento

La elección de este tipo de software determinará el desarrollo de procedimientos para consulta y gestionar los elementos modelados dentro de esa herramienta de un modo más eficiente.

En ese sentido se ha de destacar también la importancia de definir qué elementos deben ser modelados y sus niveles de detalle y de información adaptados a cada una de las fases en las que se divida el proyecto.

Por ejemplo, la "Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM" elaborada en 2018 por el Subgrupo de trabajo SG3.6 de la Comisión es.BIM, adjunta una imagen de propuesta de Tabla de desarrollo del modelo. En ella, siguiendo una estructura jerárquica de los elementos según una clasificación elegida, se define para cada fase quién es el responsable de su modelado, si se ha de modelar o no, y el nivel de detalle tanto geométrico como de información, así como si se le requiere algún tipo de vínculo no gráfico sino documental. Es de carácter orientativo y, por tanto, cada profesional responsable deberá adaptar ese cuadro a las necesidades del proyecto.

El modelado de elementos a su vez debería de obedecer a unos estándares o guías de procesos BIM que de algún modo garantizarán la estructura de la información según un criterio definido con el objetivo de garantizar su calidad. Aunque es algo difícil de regular o realizar su seguimiento, sus beneficios compensan el esfuerzo en su implantación. Hay estándares y guías de procesos BIM internacionales. A nivel nacional, sin embargo, no hay tantos, y a los existentes se pueden añadir los estándares propios de la compañía del cliente.

A nivel nacional podríamos destacar las siguientes normas, unas más generales que otras, pero que podrían servir de guía para la realización del trabajo:

- Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM.
- Guía de uso de los modelos para gestión de costes en proyectos de edificación.

- Guía de modelado de arquitectura en proyectos de edificación.
- Manual de BIM de la Generalitat de Catalunya.
- Guía BIM de la Generalitat de Catalunya.
- Guía de desarrollo de objetos BIM. Estándar GDO-BIM de Bimética Parametric Design Services, S.L. (Figuras 38 y 39)

Desde el punto de vista de la definición geométrica de los elementos del modelo, LOD, existen multitud de guías de aplicación. A nivel nacional, en la Guía EsBIM para la elaboración del Plan de Ejecución BIM se refleja en una imagen el avance de un futura guía en estos momentos todavía no se ha pu-

blicado. Y en el Manual BIM de la Generalitat de Catalunya se propone una clasificación en función del tamaño y la escala de representación de ese mismo elemento, algo en ocasiones difícil definir.

BIMForum sin embargo, y aunque sea en inglés, publica desde 2013, con una periodicidad anual, una guía gráfica de aplicación de los diferentes niveles de detalle para los elementos. La última, "2019 Level of Development (LOD) Specification Part 1 & Commentary for Building Information Models and Data", fue publicada en abril de 2019, y sus principales características son la actualización continua y la facilidad de comprensión por el

ELEMENTOS DEL MODELO		FASE DE CICLO DE VIDA																			
Código	DESCRIPCIÓN	FASE 1			FASE 2			FASE 3			FASE 4			FASE 5							
		Finco de trabajo	Nivel de información Gráfico	Datos Vinc.	Finco de trabajo	Nivel de información Gráfico	Datos Vinc.	Finco de trabajo	Nivel de información Gráfico	Datos Vinc.	Finco de trabajo	Nivel de información Gráfico	Datos Vinc.	Finco de trabajo	Nivel de información Gráfico	Datos Vinc.					
A	Acondicionamientos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
AD	Acondicionamientos.Desmontes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
ADD	Acondicionamientos.Desmontes.Demoliciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
ADD.R	Acondicionamientos.Desmontes.Demoliciones.Derribo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
ADD.S	Acondicionamientos.Desmontes.Demoliciones.Dismontaje	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
ADE	Acondicionamientos.Desmontes.Explanaciones	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
ADV	Acondicionamientos.Desmontes.Vaciados	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
ADZ	Acondicionamientos.Desmontes.Zanjas y Pozos	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
AR	Acondicionamientos.Drenajes	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
ARA	Acondicionamientos.Drenajes.Arquetas	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
ARC	Acondicionamientos.Drenajes.Canalizaciones	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
ARC.E	Acondicionamientos.Drenajes.Canalizaciones.Estancia	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
ARC.P	Acondicionamientos.Drenajes.Canalizaciones.Porosa	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
C	Cimentaciones	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
CC	Cimentaciones.Contenciones	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
CCM	Cimentaciones.Contenciones.Muros	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
CCP	Cimentaciones.Contenciones.Pantallas	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
CCT	Cimentaciones.Contenciones.Taludes	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
CP	Cimentaciones.Pilotes	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
CPE	Cimentaciones.Pilotes.Encapados	D-1	01	01	-	D-1	01	02	-	D-1	02	03	V1	D-1	03	04	V3	D-1	01	04	V4
CPH	Cimentaciones.Pilotes.Pilotes In situ	01	01	-	01	02	-	02	03	V1	03	04	V3	01	04	V4					
CPP	Cimentaciones.Pilotes.Pilotes Prefabricados	01	01	-	01	02	-	02	03	V1	03	04	V3	01	04	V4					
CR	Cimentaciones.Reforzos	01	01	-	01	02	-	02	03	V1	03	04	V3	01	04	V4					
CRC	Cimentaciones.Reforzos.Compactaciones	01	01	-	01	02	-	02	03	V1	03	04	V3	01	04	V4					
CRH	Cimentaciones.Reforzos.Inyecciones	01	01	-	01	02	-	02	03	V1	03	04	V3	01	04	V4					
CRR	Cimentaciones.Reforzos.Recalces	01	01	-	01	02	-	02	03	V1	03	04	V3	01	04	V4					
CRZ	Cimentaciones.Reforzos.Zampeados	01	01	-	01	02	-	02	03	V1	03	04	V3	01	04	V4					

Figura 38. Tabla de desarrollo del modelo. "Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM". Elaborada en 2018 por es.BIM, Subgrupo de trabajo SG3.6.

SISTEMA CLASIFICACIÓN		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ifcProduct
Ejemplo	Class	EAS	Estructuras. Acero. Soportes	IfcColumn
NIVEL DE DETALLE				
DETALLE GRÁFICO	G1	G2	G3	G4
DESCRIPCIÓN	Prisma envolvente del pilar	Prisma de sección simplificada del perfil.	Prisma de la sección normalizada del perfil.	Prisma de la sección normalizada del perfil con patologías.
IMAGEN				

Figura 39. Niveles de desarrollo de contenido. "Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM". Elaborada en 2018 por es.BIM, Subgrupo de trabajo SG3.6

Uniformat	Omniclass
B1080.50 Associated Masterformat Sections: 05 10 00   05 52 00   05 73 00   06 43 16   06 63 00 06 81 50	21-02 10 80 50 Stair Railings
100	See B1080
200	Generic model elements without articulation of material or railing structure such as balusters, posts, or supports.
300	Element is accurate as to <ul style="list-style-type: none"> <li>Railing geometry</li> <li>railing element spacing</li> <li>Supports for wall mounted railings</li> </ul>

Figura 40. Ejemplo de LOD en la ficha de barandillas. "2019 Level of Development (LOD) Specification Part 1 & Commentary for Building Information Models and Data", abril 2019.

apoyo gráfico y detallado, por lo que podría ser un referente. (Figura 40)

En cuanto a la estructuración de los elementos también existen varios sistemas de clasificación:

- Omniclass
- Uniclass
- Masterformat
- Uniformat

80	80	Construcciones e instalaciones temporales
80 10	80 10	Implantaciones de obra
80 10 10	80 10 10	Arriamos
80 10 10 10	80 10 10 10	Puente volante
80 10 10 20	80 10 10 20	Basista fija
80 10 10 30	80 10 10 30	Cablete
80 10 10 40	80 10 10 40	Andamio móvil
80 10 10 50	80 10 10 50	Marquesinas
80 10 10 60	80 10 10 60	Lornas
80 10 20	80 10 20	Grúas
80 10 20 10	80 10 20 10	Grúa torre
80 10 20 20	80 10 20 20	Grúas
80 10 20 30	80 10 20 30	Mantacargas de obra
80 10 20 40	80 10 20 40	Poleas y polpastos
80 10 30	80 10 30	Casetas
80 10 30 10	80 10 30 10	Casetas de obra
80 10 30 20	80 10 30 20	Ascos portátiles
80 10 30 30	80 10 30 30	Casetas de almacenamiento
80 10 30 40	80 10 30 40	Otros módulos
80 10 40	80 10 40	Cerros y señalización
80 10 40 10	80 10 40 10	Cerros perimetrales
80 10 40 20	80 10 40 20	Puertas de acceso
80 10 40 30	80 10 40 30	Rótulos
80 10 40 40	80 10 40 40	Balizas de señalización
80 10 50	80 10 50	Acopio
80 10 50 10	80 10 50 10	Acopio de tierras y áridos
80 10 50 20	80 10 50 20	Acopio de productos
80 10 50 30	80 10 50 30	Palets
80 10 60	80 10 60	Otros elementos de implantación de obra
80 10 60 10	80 10 60 10	Silo
80 10 60 20	80 10 60 20	Depósitos de obra
80 10 70	80 10 70	Gestión de residuos
80 10 70 10	80 10 70 10	Saca de escombros
80 10 70 20	80 10 70 20	Contenedor de escombros
80 10 70 30	80 10 70 30	Escombros
80 10 70 40	80 10 70 40	Residuos especiales
80 10 70 50	80 10 70 50	Cisterna
80 10 70 60	80 10 70 60	Tubo de descarga de escombros
80 10 70 70	80 10 70 70	Toiva
80 20	80 20	Construcciones temporales
80 20 10	80 20 10	Estructuras auxiliares y apeos
80 20 10 10	80 20 10 10	Cimentaciones auxiliares
80 20 10 20	80 20 10 20	Apuntalamiento de fachadas
80 20 10 30	80 20 10 30	Apeo de servicios
80 20 10 40	80 20 10 40	Encofrados auxiliares
80 20 20	80 20 20	Instalaciones provisionales
80 20 20 10	80 20 20 10	Instalación provisional eléctrica
80 20 20 20	80 20 20 20	Instalación provisional de agua
80 20 20 30	80 20 20 30	Instalación provisional de saneamiento
80 20 20 40	80 20 20 40	Otras instalaciones provisionales
80 20 30	80 20 30	Otras construcciones temporales
80 20 30 10	80 20 30 10	Otras construcciones temporales
80 30	80 30	Equipos y herramientas
80 30 10	80 30 10	Maquinaria
80 30 10 10	80 30 10 10	Maquinaria de excavación y cimentación
80 30 10 20	80 30 10 20	Maquinaria para escombros
80 30 10 30	80 30 10 30	Maquinaria de elevación
80 30 10 40	80 30 10 40	Maquinaria de transporte
80 30 10 50	80 30 10 50	Maquina de tratamiento de materiales
80 30 10 60	80 30 10 60	Otros tipos de maquinaria
80 30 20	80 30 20	Herramientas
80 30 20 10	80 30 20 10	Herramientas manuales
80 30 20 20	80 30 20 20	Herramientas no manuales
80 40	80 40	Seguridad y salud
80 40 10	80 40 10	Protecciones individuales y colectivas
80 40 10 10	80 40 10 10	Equipos de protección individual
80 40 10 20	80 40 10 20	Valijas de protección caídas
80 40 10 30	80 40 10 30	Redes de protección
80 40 10 40	80 40 10 40	Líneas de vida
80 40 10 50	80 40 10 50	Otros medios de protección colectiva
80 40 20	80 40 20	Equipos de medida preventiva
80 40 20 10	80 40 20 10	Equipos de medida y detección de seguridad y salud
80 40 30	80 40 30	Delimitación de zonas de seguridad
80 40 30 10	80 40 30 10	Zonas de tráfico rodado y maquinaria
80 40 30 20	80 40 30 20	Zonas de paso de personas

Pero el único sistema de clasificación de origen español, aunque sea una transposición de las anteriores, es GuBIMClass y, como se ha indicado en la guía, podría ser empleado en todo apartado para clasificar elementos. (Figura 41)

Desde el punto de vista de la seguridad cabría distinguir especialmente el capítulo 80 de "Construcciones e Instalaciones temporales", aunque como hemos visto en otros puntos de este capítulo esta guía, existen elementos dentro de un modelo de Seguridad y Salud que han de clasificarse de acuerdo a otros capítulos.

Para la asignación de esta clasificación, se deberán utilizar atributos o parámetros específicos existentes o creados dentro de la herramienta de modelado. Cabe indicar que el modelo puede estar clasificado con más de un sistema y, por consiguiente, utilizando distintos atributos. Conviene, además, estudiar las ca-

Figura 41. Clasificación de construcciones e instalaciones temporales. GuBIMclass v.1.2 - español - Creado por GuBIMCat en el marco del Grupo de Trabajo de Clasificación, julio de 2017.

pacidades de la herramienta de modelado para exportar al estándar IFC estos parámetros de clasificación.

Otro apartado a tener en cuenta es la información específica que debe estar incluida o excluida obligatoriamente de los modelos.

En este sentido sería recomendable el establecimiento, a través de IFC, de un conjunto de propiedades definido (PropertySet o Pset\_Seguridad y Salud) obligatorio a los elementos. Es de sobra conocido que actualmente los elementos contienen de manera habitual información en exceso. Información que en ocasiones no está actualizada, o cuyo valor no debe ser considerado por no formar

parte de los usos a los que se ha destinado el modelo, y que por tanto su valor debe desestimarse. Esa situación nos lleva a un entorno donde nos es necesario distinguir la información exigida mínima y separarla del resto. Ello solo es posible a través del esquema IFC, mediante la definición de uno o varios conjuntos de propiedades definidas (PropertySets).

En este sentido el Manual BIM de la Generalitat de Catalunya presenta de manera detallada unos contenidos mínimos organizados en PropertySets específicos, y también lo hace el Estándar GDO-BIM de Bimética con, entre otros, sets tan interesantes como los siguientes: (Figuras 42 y 43)

#### Pset\_Seguridad & Salud

Nombre de Parámetro	Descripción	Valor	Ejemplo
Espacio libre acceso	Espacio que debe mantenerse libre para el acceso a personas en tránsito, servicio del elemento, uso, o instalación.	mm	800 mm x 1200 mm x 600 mm
Altura mínima requerida	Espacio que debe mantenerse libre para el funcionamiento del elemento, seguridad, mantenimiento, otros.	mm	2500 mm
Estándar seguridad	Estándar o normativa aplicable al proyecto en cuanto a seguridad y salud	Texto	ISO XXXX o Normativa YYYY
Dependiente de	Relevancia de otros productos o condiciones para el correcto funcionamiento de este producto.	Texto	Recubrimiento de lona impermeable.
Es accesible	Cumple con la normativa de accesibilidad para minusválidos	Sí / No	Sí
Responsable seguridad	Es el profesional (persona Física), empresa u organización (persona Jurídica) responsable de verificar que el proyecto cumpla con las normas requeridas de seguridad y salud	Texto	Seguritex S.L.
Nivel de riesgo	Notificación de riesgo a personas. Verde: No existe riesgo. Cumplimiento según normas. Amarillo: Posible riesgo. Alto grado de cuidado. A señalar debidamente. Rojo: Alto riesgo. Señalizar y delimitar acceso/uso. Tomar las medidas necesarias.	Opción:	Verde Verde, Amarillo, Rojo

Figura 42. Set de propiedades para clasificación. Guía de desarrollo de objetos BIM. Estándar GDO-BIM de Bimética Parametric Design Services,S.L.. 2019.

#### Pset\_Clasificación

Nombre de Parámetro	Descripción	Valor	Ejemplo
IfcExportAs	Clase Ifc que corresponde al objeto BIM.	Texto	IfcFurniture
IfcExportType	Tipo Ifc que corresponde al objeto BIM. Propiedad opcional hasta que se definan tipos para todas las clases IFC.	Texto	Sofa
CategoriaCobie	Categoría COBIE.	Texto	IfcFurniture
CodigoOmniclass	Código Omniclass según tabla 21.	Texto	23-21 23 00
DescripcionOmniclass	Descripción Omniclass según tabla 21.	Texto	Residential Furniture and Equipment
CodigoMasterformat	Código Omniclass según tabla 21.	Texto	12 50 00
DescripcionMasterformat	Descripción Omniclass según tabla 21.	Texto	Furniture
CodigoUniclass2015	Código Omniclass según tabla 21.	Texto	40-50-12-81
DescripcionUniclass2015	Descripción Omniclass según tabla 21.	Texto	Sofas
CodigoUNSPSC	Código UNSPSC según <a href="https://www.unspsc.org/">https://www.unspsc.org/</a>	Texto	56101500
DescripcionUNSPSC	Descripción de UNSPSC según elemento	Texto	Furniture
CodigoGuBIMClass	Código según GuBIMClass	Texto	60.20
DescripcionGuBIMClass	Descripción según GuBIMClass	Texto	Mobiliari

Figura 43. Set de propiedades para seguridad y salud. Guía de desarrollo de objetos BIM. Estándar GDO-BIM de Bimética Parametric Design Services,S.L.. 2019.

Desde luego, es posible que los propuestos por estos manuales no cumplan las necesidades requeridas para todos los proyectos, pero sirven de guía para la elaboración de los necesarios.

### 4.3. Requisitos de intercambio de información

Durante el transcurso de los proyectos se genera mucha información, tanto en archivos digitales como en papel (este formato seguirá manteniéndose hasta que llegue una integración total de la metodología). En el caso de la gestión de la Seguridad y Salud, aún es más frecuente el uso de documentación en ese formato de manera tradicional. En este apartado se recomienda describir la estrategia para el desarrollo, almacenamiento, control de versiones y accesos al archivo en función de que este sea:

- **Archivo Físico:** A evitar, no solo por el espacio físico que requiere o incluso pensando en la sostenibilidad y el medio ambiente, sino por la dificultad que supone gestionar las diferentes versiones.
- **Archivo Digital o Entorno Común de Datos (CDE- Common Data Environment)**

Uno de los puntos importantes al tratar la metodología BIM es determinar el Entorno Común de Datos (CDE) a emplear para el intercambio y consulta de la información actualizada y en vigor.

Las posibilidades son las siguientes:

- Carpetas compartidas en servidores propios o a través de sitios FTP (Protocolo de transferencia de archivos del inglés File Transfer Protocol).
- Almacenamiento en la nube sin herramientas específicas.
- Servicios de software especializados para este tipo de gestiones documentales, estos, plataformas como las indicadas en

apartados anteriores, con herramientas específicas para controlar el acceso, la visualización y la comunicación de las incidencias entre los miembros del equipo.

Así mismo, podría indicarse la organización mínima de la estructura de carpetas de acuerdo con la ISO 19650 y el establecimiento de una serie de roles y permisos mínimos de acceso a consulta y edición de los archivos.

Un ejemplo de estructura de carpetas y flujo de trabajo lo encontramos en el Manual BIM de la Generalitat de Catalunya. En él se detalla la estructura de carpetas y subcarpetas recomendable para la organización de la información e indicando el uso para cada una de ellas. (Figura 44)

En la Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM de la Comisión es.BIM se presenta la siguiente propuesta de flujo entre agentes. Adjuntan una nota que dice que *“Es responsabilidad del equipo de gestión BIM adaptarlo a su proyecto concreto”*. (Figuras 45 y 46)

Una aplicación de este último, aplicado a la Seguridad y Salud sería la de la figura 47 compuesta por las siguientes carpetas:

- **Trabajo en progreso (WIP):** Contendrá los modelos o documentos en desarrollo, tanto modelos BIM como memoria, pliegos, mediciones y presupuesto, chequeos de seguridad, actas de reuniones, etc. Se trata de versiones de archivo no verificadas sometidas a un proceso de control de calidad interno como paso previo al siguiente estado.
- **Compartido:** Contiene información que ya ha superado el control de calidad interno previo y que está disponible para ser compartida con todo el equipo de proyecto, o para ser sometida a aprobación en caso necesario.

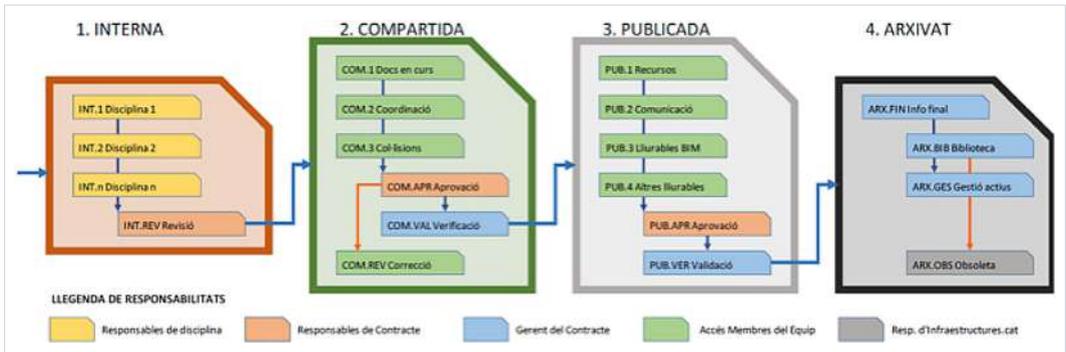


Figura 44. Esquema de flujo de información entre áreas en el CDE. Manual BIM, Gestión de Proyectos I Obres. Generalitat de Catalunya

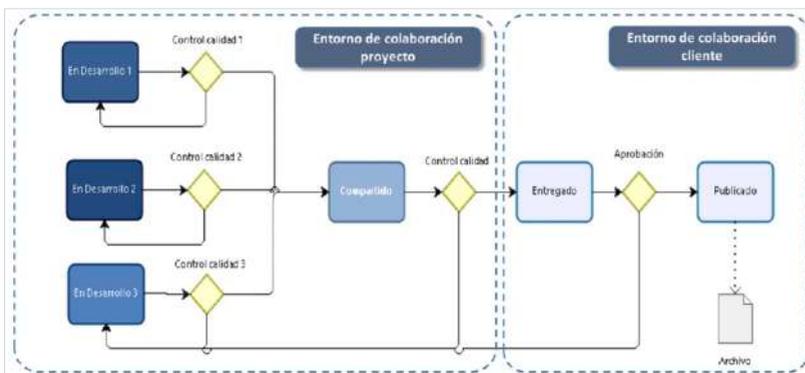


Figura 45. Flujo de información entre agentes. Guía Transversal. Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM. es.BIM - Subgrupo de trabajo SG3.6



Figura 46. Esquema de flujo de información entre carpetas en el CDE. Elaboración propia

- **Publicado:** La información allí alojada ya está aprobada y disponible para la dirección de proyecto. Está accesible para todos los agentes que intervienen en el proyecto. Podrá ser supervisada por el cliente o solicitarse su aprobación en algunos casos.
- **Archivo:** El archivo de la documentación aprobada o publicada se realiza para registrar la documentación final del contrato a efectos legales o de responsabilidad. Podría contener adicionalmente carpetas para trabajos de operación y mantenimiento posteriores y también archivo de documentación obsoleta.

Dentro de cada carpeta de las indicadas, podría incluirse esta documentación en subcarpetas específicas de Seguridad y Salud para separarla del resto de documentación de proyecto.

Los procesos de desarrollo del proyecto, gestión de revisiones y archivo se describen a continuación:

**Desarrollo de proyecto**

El proceso pasa por las siguientes fases:

- **Entrega de trabajo en curso para coordinación:** Proceso por el cual se va generando información y se va compartiendo con el resto de los intervinientes. Se verifica la información producida por las diferentes disciplinas tras un control de calidad, integrándola en modelos de coordinación. Produce información compartida para todo el equipo de proyecto.
- **Aprobación:** Proceso por el cual la información compartida es verificada y aprobada, por el CSSp o por el responsable de Proyecto en su caso. En esta disciplina, si el documento lo requiere, se hará necesario adjuntar el documento correspondiente que acredite dicha aprobación. Posteriormente pasará carpeta Publicado quedando a disposición del cliente (dirección del proyecto), o del resto de intervinientes como versión vigente del proyecto. (Figura 47)



Figura 47. Propuesta de esquema de flujo de información entre carpetas en Fase de proyecto en el CDE. Elaboración propia

### Gestión de revisiones

En el caso que la información compartida, tras su verificación, no obtenga la aprobación requerida, (aprobación del CSSp o de la dirección facultativa o del cliente), o si algún interviniente quisiera comunicar posibles incidencias para su construcción, será necesario emitir un documento que digitalmente comunique y deje constancia de dicha cuestión. Este documento podría ser un DWF con marcas de revisión, un PDF con comentarios, o incluso, en un caso extremo, una imagen escaneada de un documento en papel. Será almacenado en la carpeta Aprobación, o directamente en la carpeta de calidad del equipo que tenga que realizar la corrección.

Del mismo modo se procedería para revisiones que se produzcan una vez publicados los documentos, si se diese el caso. (Figura 48)

### Archivo

Es la fase en la que de forma periódica se procederá al archivo de la documentación apro-

bada o publicada que no es necesaria para la fase en curso del proyecto. El objeto de archivarla es dejar registro de la documentación final del contrato a efectos legales o de responsabilidad. Se pasará a una carpeta específica aquella documentación obsoleta, manteniendo así la integridad y calidad de la documentación publicada y el archivo de la documentación final.

Otros apartados a detallar relacionado con el Intercambio de la información son:

- Periodicidad estándar de Intercambio de información.
- Procesos de incorporación de cambios al modelo según órdenes de cambio aprobada.
- Programación de Entregas.
- Informes de incidencias. Formatos de entrega de reportes, BCF, PDF, NWD, etc., o plataforma para la comunicación de incidencias en la nube en el caso adoptarse esa solución.



Figura 48. Propuesta de esquema de flujo de revisiones entre carpetas en el CDE. Elaboración propia

- Estrategias de reuniones de coordinación. Material tecnológico de apoyo a usar en las presentaciones.
- Formatos para el intercambio de información. Podríamos distinguir entre los siguientes tipos:
  - Nativos del software específico: RVT, DOC, etc. Su entrega será requerida si se prevé su uso en fases posteriores del proyecto.
  - Formato de intercambio estándar: IFC, BCF, PDF, etc. Su inclusión debe ser obligatoria en todo caso, facilitando las opciones de consulta del modelo sin la necesidad de hacerlo con un determinado software. Esto es importante tanto desde el punto de vista de la responsabilidad como por la inalterabilidad del formato.

En la Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM de la Comisión es.BIM se presenta la siguiente propuesta de listado de entregables a solicitar (figura 49). Pero podría usarse también para comunicar el detalle de documentos entregados y facilitar la comprobación del alcance de la entrega o detectar faltas de documentación.

**4.4. Conclusiones**

La tecnología BIM ha revolucionado el sector de la construcción con otra forma de gestionar la información durante la ejecución. En la actualidad, es cierto que no existen muchas herramientas para afrontar, usando la metodología BIM, el tema de la Seguridad y Salud en las obras. Pero existen, o son sustituibles, por herramientas de

modelado genérico, que aun perdiendo su productividad original, las podemos complementar bien haciendo uso de contenido de fabricante (esperemos que cada vez más se vaya incorporando este tipo de contenido), bien por medio de la elaboración de contenido propio y genérico.

Realizados los modelos correspondientes, para una visualización y consulta rápida están disponibles una serie de aplicaciones gratuitas y sencillas que facilitan el uso y comprensión de la información al responsable de su control o a la parte interesada que le sea de interés, preservando de ser alterado el modelo original.

A su vez, y dependiendo del tipo de herramienta de software elegida para el desarrollo de proyecto, se dispone de herramientas para la realización y comunicación de incidencias, que facilitan la comprensión del alcance del problema y sirven de base para su corrección. La formalización en formato digital de los informes garantiza su seguimiento, justifica documentalmente las acciones realizadas y acota las responsabilidades en caso de ser necesaria una investigación ante posibles accidentes.

En la actualidad las empresas desarrolladoras de software son conscientes de la importancia de los dispositivos móviles y la mayoría ofrecen visores para éstos y conviene tenerlos en cuenta para su uso en obra. Se ha descrito una relación de ellos, pero siguen apareciendo nuevos frecuentemen-

Código y Nombre Entregable	Fase Proyecto	Fecha de entrega	Responsable de la entrega	Formato de entrega	Método de entrega
Plan de Ejecución BIM					
Modelos					
Derivados de los modelos					

*Se muestra una propuesta de presentación. Es responsabilidad del equipo de gestión BIM adaptarlo a su proyecto concreto*

Figura 49. Propuesta tabla de entregables. Guía Transversal. Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM. es.BIM - Subgrupo de trabajo SG3.6

te. Algunos permiten la adición de información como anotaciones, imágenes, capturas de fotos, etc. Esta información posteriormente puede editarse a través de servicios en la nube. Además puede ser recopilada de forma estructurada para su almacenamiento, de forma que garantice un acceso único a la documentación vigente y el mantenimiento de la información perfectamente coordinada con el resto de documentos.

Los métodos tradicionales no garantizan dicha coherencia al no existir relaciones entre los elementos y depender excesivamente de la intervención del usuario para que lo que se grafía en planos, se documenta en memoria y pliegos, se mide en presupuestos, se programa en el tiempo, etc. realmente se referencie al mismo único elemento.

La presente guía pretende mostrar que, a pesar de que actualmente no está del todo desarrollado el tema de la Seguridad y Salud usando metodología BIM, existen soluciones para adoptar su uso, unas gratuitas o tras no, unas con más contenido o tras con menos, pero teniendo siempre la opción de personalizar nuestro contenido y con opciones para realizar digitalmente tareas que anteriormente se realizaban en papel. En definitiva, cada responsable considerará su aplicación o no, pero hoy en día es posible, salvando claro está, las posibilidades económicas de cada cual para hacer frente a las licencias de software o de tiempos de entrega. En ocasiones es más cuestión de actitud del profesional frente al cambio que de las barreras tecnológicas, que poco a poco se van derribando facilitando las tareas. Así que os animo a su aplicación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1627/97 de 24 de octubre de 1997 por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y de Salud en las Obras de Construcción.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Libro de actas EUBIM 2014. Comunicación "El uso del BIM en el estudio, planificación y gestión de la seguridad en las obras de edificación" Alarcón López, Ivón José, Ribera Martín-Consuegra, José. Martínez Gómez, David Carlos, Vidal Santi-Andreu, Sergio
- <https://www.bimobject.com/es>
- <https://www.bimandco.com/es/objetos-BIM>
- <https://www.mepcontent.com/es/>
- <https://www.arc.cat/>
- <https://warehouse.tekla.com/>
- Guía Transversal. Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM. es.BIM - Subgrupo de trabajo SG3.6
- "Introducción a la serie EN-ISO 19650. Partes 1 y 2". 2019 buildingSMART Spanish Chapter
- Manual BIM, Gestió de Projectes i Obres. Generalitat de Catalunya
- GuBIMclass v.1.2 - español - Creado por GuBIMCat en el marco del Grupo de Trabajo de Clasificación, Julio de 2017.
- Guía de desarrollo de objetos BIM. Estándar GDO-BIM de Bimética Parametric Design Services, S.L. 2019.
- 2019 Level of Development (LOD) Specification Part 1 & Commentary for Building Information Models and Data, de fecha abril 2019.



# CAPÍTULO 6

## PROGRAMACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL CONTROL DE CALIDAD

José Manuel Zaragoza Angulo

Entre de las numerosas salidas profesionales de los Arquitectos Técnicos, dentro del proceso edificatorio, muchas de ellas están relacionadas total o parcialmente con el control de calidad, de dicho proceso:

- Proyectista
- Dirección de Ejecución de Obra
- Jefe de Obra
- Técnico en laboratorio
- Técnico en entidades de control de calidad

Se puede decir que el perfil profesional del Arquitecto Técnico es una figura indispensable dentro de la industria de la construcción, para asegurar la calidad de esta, no solo por las competencias recogidas en la LOE (Ley de Ordenación de la Edificación), si no como profesionales expertos en materiales y sistemas.

Ya en la LOE, en su artículo 13.2, indica que el director de ejecución de obra tiene entre otras obligaciones:

*b) Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.*

*c) Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.*

Es decir, le convierte en responsable de controlar la calidad de materiales y sistemas constructivos de la obra.

La misma LOE, en el art 11.2, obliga al jefe de obra, como constructor, a *"alcanzar la calidad exigida en el proyecto"*.

Debemos incluir la labor de los Arquitectos Técnicos como profesionales dentro de las entidades y los laboratorios de control de calidad que también recoge la LOE, *"para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones"* y para *"la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación"*.

Y por último la labor que los Arquitectos Técnicos podemos realizar desde las empresas fabricantes y suministradoras de productos para la construcción, para asegurar y certificar la calidad de estos.

Debido a que en los procesos de edificación se desarrollarán, (o mejor dicho, ya se están desarrollando) con metodología BIM, todas las anteriores actividades y tareas cotidianas de control de calidad de nuestra profesión, se van a desarrollar con nuevas herramientas, softwares y protocolos, que el Arquitecto Técnico deberá dominar para

que estos sigan teniendo el papel fundamental que ahora tiene dentro de la industria de la construcción.

### 1. LA ARQUITECTURA TÉCNICA Y EL CONTROL DE CALIDAD

#### 1.1. Como proyectista

El proyecto es la fase inicial en el flujo de trabajo en un proceso de edificación, donde el Arquitecto Técnico tiene su correspondiente campo de atribuciones como posible proyectista de innumerables tipos de proyectos.

En el proyecto se deben dar por tanto los primeros pasos para la definición de la calidad de la edificación.

El aumento en la calidad del proyecto incrementa exponencialmente la calidad del edificio. Es por esto por lo que siempre es rentable invertir tiempo, protocolos de trabajo y herramientas en el control de calidad de proyecto.

Entre el 40-45% el origen de los defectos de la obra construida tiene su origen en errores de proyecto, por no hablar de los incrementos en costes y retrasos de obra debido a la falta de calidad del proyecto.

Como más adelante veremos, la metodología BIM va a colaborar en la prevención de errores de proyecto evitando:

- Incoherencias entre diferentes colaboradores, o documentos de este
- Detectando conflictos constructivos (Clash Detection)
- Automatizando y facilitando la implantación de procesos de diseño y control de calidad de este
- Aumentando la exactitud de las mediciones
- Etc.

No se tratará tanto de que un control externo revise un diseño ya terminado, si no que el propio proceso de diseño con metodología BIM, en sus sucesivas fases y de manera intrínseca y automática, contenga el control de calidad.

#### 1.2. Como dirección de ejecución de obra

Tal y como indica la LOE el Arquitecto Técnico tiene una labor fundamental en la calidad de la edificación, en la fase de obra. Es el responsable de dirigir la ejecución y replanteo de los sistemas constructivos, de la verificación en la recepción de los materiales que entran en la obra, y de ordenar y gestionar los resultados de los ensayos sobre los materiales.

Todas estas labores serán recogidas en un Plan de Control de Calidad como anejo al proyecto.

Y todo lo recogido en este plan es mucha información que hay que manejar:

- Planos de replanteos
- Hojas de marcado CE de materiales de obra
- Certificados de productos
- Plan de control de calidad
- Fichas de comprobaciones y puesta en servicio
- Resultados de ensayos
- Lotificación del hormigón
- Etc.

En los procesos BIM toda esta documentación e información deberá consignarse en formatos BIM, y eso será posible ya que en los modelos BIM se puede incluir o asociar cualquier tipo de información:

- Datos geométricos para planos, croquis o información visual.
- Datos en forma de textos, longitudes, numéricos, etc.

- Datos en forma de imágenes, PDF, u otros formatos gráficos, asociados directamente al modelo, o con hipervínculos.

Y quizás lo mejor de todo, utilizando el modelo BIM como repositorio único de información, de tal manera que, desde un único archivo, no solo podemos ver y cualquier plano o vista del proyecto, si no cualquier dato o ficha referente al control de calidad que el Arquitecto Técnico haya recopilado, a golpe de un par de clics, sin tener que rebuscar en cajones de documentos.

Esto requerirá que el director de ejecución de obra tenga habilidades no solo en la lectura de información de modelos BIM, si no de escritura en estos, para introducir su labor de control calidad resultado de ensayos o documentación recopilada, en el modelo.

No debemos olvidar el acrónimo de BIM: Modelado de la información de la construcción; y entre esa información debe estar el control de calidad.

### 1.3. Jefe de obra

Este perfil profesional, íntimamente unido al Arquitecto Técnico, en paralelo con la dirección facultativa, debe realizar un seguimiento y control de calidad de los trabajos, en base al propio programa de control de calidad de la empresa constructora, así como colaborar con el director de ejecución facilitándole la documentación, certificados y sellos de calidad necesarios para una correcta recepción de productos en la obra.

Debe garantizar que los requerimientos de proyecto se cumplan, con la metodología BIM en un proyecto contenido en un modelo federado, por lo tanto, ya no dependerá solamente de unos entregables, si no que puede que la mayoría de la información deba extrac-

tarla del modelo, a través de la creación de vistas y planos, tablas, perspectivas, etc., y esto requerirá de la capacidad de este para navegar en dichos modelos, ser capaz de filtrar la información en cada caso, y exportarla a formatos manejables en obra.

Con el software y tecnología BIM será capaz de controlar lo que sucede en la obra, supervisar y cuantificar lo que hace los subcontratistas, y llevárselo al ordenador para analizar el estado y calidad de la obra. Por poner un ejemplo rápido una nube de puntos diaria nos dará la geometría exacta para solaparla con el modelo de proyecto, y comprobar que los elementos de obra estén en su sitio, o en caso contrario tomar decisiones. Y estamos hablando de una tecnología que se amortiza en menos de un año, lo que hará que un escáner 3d este en todas las obras en un futuro muy próximo.

Las herramientas BIM deben facilitar la implantación de sistemas de calidad, gestionar los repasos de obra. La capacidad de entender el modelo como una base de datos, nos permite por un lado listar dichos repasos, y darles atributos para clasificarlos, y además representar, por ejemplo, por colores el estado de dichos repasos.

Para todo lo anterior el perfil profesional del jefe de obra debe incorporar a sus herramientas, el manejo de software de edición y supervisión de modelos, o el manejo de nubes de puntos.

### 1.4. Como agente independiente de Control de Calidad (OCT, Oficinas de control, etc.)

Las entidades de control de calidad quedan reconocidas en la LOE, como entidades de asistencia técnica, para ayudar y asistir a conseguir un mayor control de calidad en el proceso de

edificación. Aunque se recogen por legalmente por primera vez en la LOE son entidades con larga tradición, sobre todo en Europa.

Podemos considerarlos agentes externos de control de calidad de la obra.

Los Arquitectos Técnicos, al igual que en los perfiles anteriores como técnicos de OCT (oficina de control técnico) u oficinas de control, tanto en sus funciones de análisis de proyecto, en cimentaciones, estructura, envolvente, para evaluar riesgos, deberán analizar además de los entregables, el propio modelo federado con herramientas BIM.

Además, podrán utilizar los modelos para crear planos de inspección, predeterminedar el muestreo necesario de obra en función de porcentajes de revisión, y guardar en el modelo el resultado y anotaciones de aceptación o rechazo de dichas inspecciones.

De nuevo aquí aparece la idea del modelo BIM como repositorio único de información, no solo para describir el proyecto y su evolución, si no para registrar las labores e información derivada del control de calidad.

### **1.5. Como técnico de empresa suministradora de materiales y equipos en la construcción**

Los fabricantes y suministradores de productos de construcción en obra también tienen su porcentaje de colaboración en la calidad de la obra.

El Arquitecto Técnico tiene en estas empresas un gran campo de actuación como experto en materiales y sistemas constructivos, asegurando la calidad y compatibilidad de los productos constructivos que se fabriquen, así como el correcto etiquetaje y documentación de calidad, sellos de calidad, marcado CE, etc.

Desde su posición en la empresa suministradora o fabricante puede colaborar en la generación de objetos o familias BIM para que estos sean utilizados por proyectistas en sus proyectos con modelos BIM, y que estos tengan la información necesaria para que los agentes antes mencionados responsables del control de calidad tengan directamente la información necesaria para su trabajo dentro de sus objetos BIM.

Documentación y certificados pueden estar contenidos dentro de sus objetos o familias BIM, facilitando las labores de recepción de materiales de obra, o también pueden contener documentación e información con prescripciones para su puesta en obra, o capacidades del producto para cumplir requisitos de proyecto. La información que contengan sus objetos a familias BIM será crucial para que su producto sea elegido por proyectista o constructores.

## **2. CONTROL DE CALIDAD CON METODOLOGÍA BIM**

### **2.1. El modelo como repositorio único de información**

El primer concepto que debemos tener claro, respecto de la metodología BIM en su uso como herramienta de control de calidad, o de cualquier otro aspecto en el flujo de trabajo en edificación, desde el proyecto arquitectónico, hasta la gestión del activo inmobiliario, es que estamos creando una base de datos, que va creciendo y cambiando, según la fase del proceso donde estemos, o en función del actor que esté incorporando dichos datos.

Tenemos que ir más allá de ver el modelo BIM como una maqueta virtual que solo contiene información de la geometría y los acabados del edificio, en esta maqueta virtual vamos a

poder meter cualquier tipo de información que nos interese meter para ayudarnos a nuestra labor como Arquitecto Técnico. Podemos asociar a cada muro, suelo o zapata con:

- Costes
- Imágenes, fotografías de obra
- Cualquier cifra o fecha
- Textos describiendo defectos
- Una dirección URL a una ficha de marcado CE

Y gracias a esta personalización en la información dentro del modelo, podemos incluir cualquier documento o dato respecto del control de calidad dentro del modelo. (Figura 1)

Así pues, debemos cambiar nuestra concepción del proceso de proyecto, compuesto por un flujo de creación de documentos separados (planos, memorias, presupuesto, plan de control de calidad, registros de revisiones

de obra, etc.) que teníamos que coordinar de la mejor manera posible, por un modelo BIM que puede contener toda la información de los documentos antes mencionados, por lo que la visualización, transmisión y registro de información es más sencilla al usar un solo archivo.

- En la metodología BIM el modelo incluye indivisiblemente la geometría y los datos no geométricos.

Para hacer un ejercicio de organización de la información que pueden contener los modelos BIM vamos a tomar los conceptos presentados en el documento NIVELES DE DESARROLLO S.G.3.3 de es.BIM (Javier Alonso Madrid y Álvaro Sánchez Palma), sobre los tipos de información en el modelo: (Figura 2)

En la figura anterior tenemos los tipos de información que podemos encontrar en el modelo:

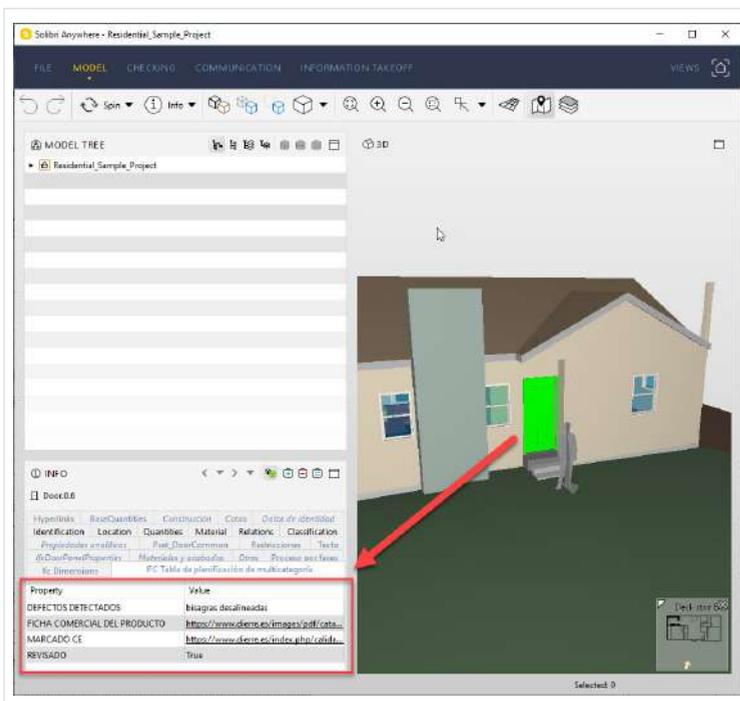


Figura 1. Ejemplo de parámetros personalizados para control de calidad, en puerta de entrada: DEFECTOS DETECTADOS, FICHA COMERCIAL DE PRODUCTO, MARCADO CE y control de revisado si/no REVISADO, en modelo BIM formato ifc abierto de con Solibri Anywhere.



Figura 2. Tipos de información en el modelo, Comisión es.BIM del Ministerio de Fomento de España S.G.3.3 de es.BIM, Javier Alonso Madrid y Álvaro Sánchez Palma. «NIVELES DE DESARROLLO».

- G para la geometría, que en el caso del control de calidad podría referirse a una cota real tomada en obra
- D para los datos, como pueda ser un defecto detectado en una puerta, o la pertenencia de una determinada zapata a un lote de control según EHE,
- y por último la F de ficha, como pueda ser la ficha de marcado CE de cualquier elemento de obra

Es evidente la ventaja de la tecnología BIM frente a CAD a la hora de contener y transmitir información en el proceso edificatorio:

- Un único archivo para todo el proyecto, en vez de documentos de texto, planos, y presupuestos, etc.
- Que puede albergar toda la variedad de formatos necesarios para nuestras labores de control de calidad: tablas, planos, textos, imágenes, etc.

Otra cuestión que debemos cambiar en nuestro concepto de proyecto es pensar en este como obra única del proyectista que el resto de los agentes solo utiliza para extraer información.

El modelo BIM debe ser una herramienta de trabajo para todos los agentes implicados en el proceso edificatorio. Es claro que el proyectista iniciará el proceso creando un modelo del cual se extraigan entregables como los planos, mediciones y resto de documentos de proyecto, y que también utilizará para realizar labores de control de calidad, que no aparecerán en los entregables.

Pero una vez iniciada la construcción el DEO (director de ejecución de obra) podrá incorporar en el modelo de proyecto, o en uno propio creado a partir de este, las fichas de marcado CE o los controles de calidad realizados en sus visitas a obra, y el jefe de obra del mismo modo podrá realizar sobre el modelo el registro de actuaciones para cumplir con el plan de calidad de su empresa, o generar planos y tablas de gestión de repasos de obra.

■ Debemos ver el modelo no como un entregable, si no como una herramienta de trabajo.

En este punto cabe destacar que no tiene por qué haber un único modelo de trabajo, el proyectista desarrollará el suyo durante todo

el proceso, que desembocará en un modelo "as built", pero si por ejemplo un subcontratista utiliza el modelo para hacer despieces de conductos, dicha información no tiene por qué aparecer en el modelo "as built".

Convivirán modelos en paralelo, derivados del modelo de proyecto, para los usos particulares que cada agente lo utilice. (Figura 3)

- Cada participante debe usar el modelo para sus propios intereses.

## 2.2. Los softwares y formatos para trabajar con modelos BIM y el formato IFC como estándar abierto y común en los procesos BIM

Existen en el mercado diferentes softwares para crear o editar modelos BIM, y cada uno de estos tiene su formato de ficheros, son lo que se llaman ficheros "nativos", ficheros que rara vez son capaces de ser abiertos o editados por softwares diferentes con el que se crearon. Esto es un inconveniente a la hora de la colaboración entre diferentes agentes, si estos no comparten el mismo software.

Para permitir la interoperabilidad entre diferentes softwares la metodología BIM cuenta un formato abierto, no propiedad de ninguna compañía de software, el IFC (Industry Foundation Classes), que permite el intercambio de información de los modelos sin pérdida o modificación de información.

Un buen modelador BIM debe ser capaz de exportar e importar los modelos en formato IFC, así como extraer información de estos.

Hay que ser consciente de que el formato IFC hoy en día está pensado para extraer información de este, pero no para ser editado, aunque podría ser editado, pero no de forma práctica para los profesionales no expertos en informática.

Es una buena solución para cumplir con requisitos administrativos de licitaciones, pues un modelo en IFC se puede abrir con software gratuito y de fácil acceso, no encontrándonos las limitaciones de formatos nativos que solo

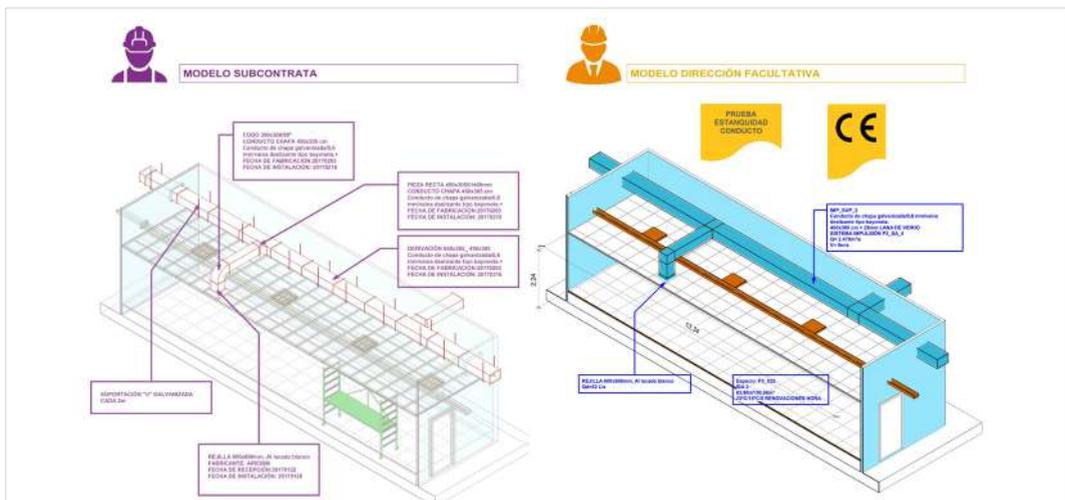


Figura 3. Mismo proyecto, usos diferentes. La dirección facultativa lo utiliza para controlar la calidad de la obra, registrar certificados y ensayos, y el subcontratista para crear planos de despiece de conductos. Fuente propia.

se puede abrir con el software original que suele ser de pago.

Apuntamos dos herramientas gratuitas como visores de modelos de modelos IFC: (Figuras 4 y 5)

Como se puede ver en el ejemplo de la figura 1 los parámetros personalizados y sus datos o información, pueden ser exportados y leídos desde modelos IFC, por lo que la transmisión de la información de nuestra labor de control de calidad puede ser realizada con formatos gratuitos, para que agentes que no tengan plataformas nativas BIM o la administración puedan leer dicha información, extremo este último necesario para cumplir con ciertos requisitos de licitaciones.

### 2.3. Los procesos y metodología BIM: LOD, BEP, EIR, etc., para entender los requerimientos en dichos procesos

Seguramente ya habrá oído más de una vez que BIM es una metodología, frase que suelta sin contexto queda como un concepto abstracto, y de difícil comprensión sobre todo para aquellos profesionales que no hayan tenido poco o ningún contacto con procesos BIM.

Pero está frase que a nivel global es totalmente cierta, ya que en un proceso BIM tenemos que cumplir con una serie de protocolos (BEP, LOD, etc.) que ordenan dicho proceso y normas para cumplirlos, en el día a día del profesional es igual de cierta.



Figura 4. Visor gratuito de IFC de la compañía Solibri: Solibri Anywhere.

Figura 5. El software FZK Viewer, desarrollado por el Instituto Tecnológico de Karlsruhe visor independiente de código abierto para modelos IFC.

Cuando por ejemplo como jefe de obra debe implantar en la obra el plan de calidad de su empresa, registrar repasos de obra detectados, analizar con tablas si es un porcentaje alto o bajo, o discriminarlos por subcontratistas que están participando en la obra, y por último crear planos de gestión de repasos y unos estadillos donde se registre el avance de estos y la fecha de reparación, para la correcta gestión de estos, todas estas laboras se crean bajo una metodología, con una serie de pasos para gestionar la información desde la detección del repaso, hasta la reparación de todos ellos, metodología creada con herramientas BIM.

Una de las primeras cuestiones a plantearse cuando trabajamos en BIM, debe ser dejar constancia de cómo se debe desarrollar dicha metodología: quién, cómo, cuándo; en lo que comúnmente se denomina estándares BIM.

Este quién, cuándo, cómo en el mundo BIM tiene su sitio ya en ciertos "documentos" propios, que simplemente citaremos:

- el BEP (BIM execution plan o plan de ejecución BIM) en el que se indican las normas

y protocolos del proyecto, que los participantes deben seguir para ejecutar un proyecto BIM coordinado

- el LOD (level of development o nivel de desarrollo) en el que se indican niveles de detalle geométrico y de información para cada fase de proyecto, en cada tipo de elemento
- el EIR donde se indican requisitos de información en los modelos requeridos por la propiedad, que considera necesarios para el desarrollo del proyecto y para la gestión futura del edificio (Figura 6)

En la figura anterior tenemos un esquema describiendo el flujo de información en un proceso BIM, extractado de la norma británica PASS 1192-2 (fuera de vigor ya que convergió en la norma ISO 19650), donde podemos ver algunos de los documentos mencionados, y como estos van apareciendo en el proceso en función de la fase de proyecto donde nos encontremos.

Estos documentos tienen un carácter global en cuanto a definir la metodología de trabajo BIM, pero cuando queremos incluir objetivos

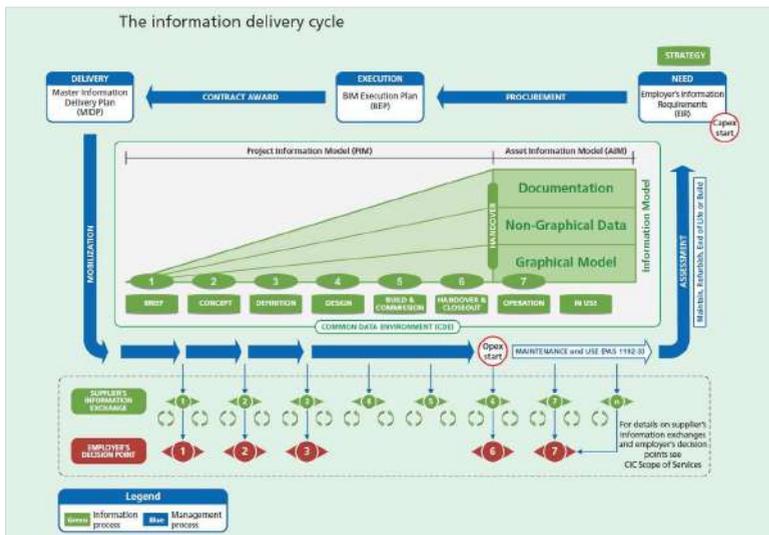


Figura 6. Esquema del flujo de información en un proceso BIM, extractado de la norma británica PASS 1192-2. Empezar a leer en la esquina superior derecha.

BIM más concretos, como pueda ser la gestión del control de calidad por parte del DEO durante la ejecución de la obra en un proceso BIM, también necesitamos de una metodología, y unos protocolos, en este caso asociada al software con el que vamos a crear y editar el modelo.

Si pensamos trabajar con Revit como modelador, la gestión de calidad durante la fase de obra requeriría un protocolo o metodología como el siguiente que mostramos en varias imágenes:

- concretar qué objetivos BIM respecto a la calidad queremos cumpla el modelo (Figura 7)
- qué parámetros personalizados debemos crear tanto en el modelo como en las fa-

milias, y conexión url del modelo con una plantilla de chequeo (CARPINTERÍA INTERIOR) para utilizar en obra (Figura 8)

- configurar plantillas automatizadas para la generación de planos y documentos de gestión de calidad en obra (Figura 9)
- configurar tablas que automaticen el proceso de registro y análisis de datos (Figura 10)

Como hemos podido ver en la secuencia de imágenes tenemos que crear una serie de parámetros dentro del modelo, para albergar la información que extraigamos de obra, que una vez ordenados en tablas y preparados en vistas especialmente filtradas, nos analizarán, y ayudarán a gestionar, el estado de la obra en cuanto a defectos de obra detectados.

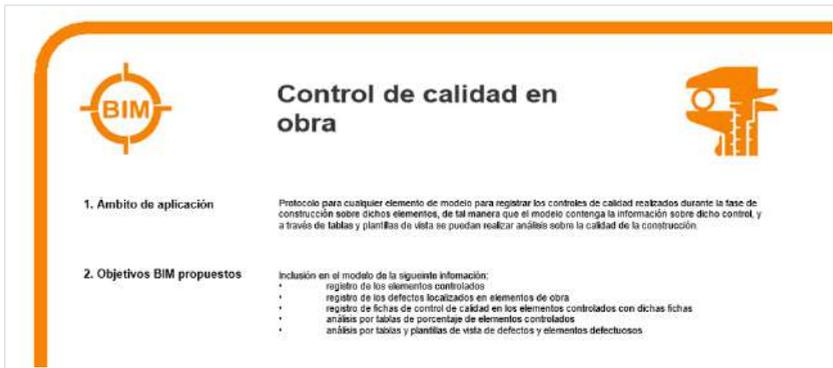


Figura 7. Protocolo para control de calidad en obra, como DEO, parte de definición de objetivos BIM propuestos, para usar en Revit, de BIMlearning.

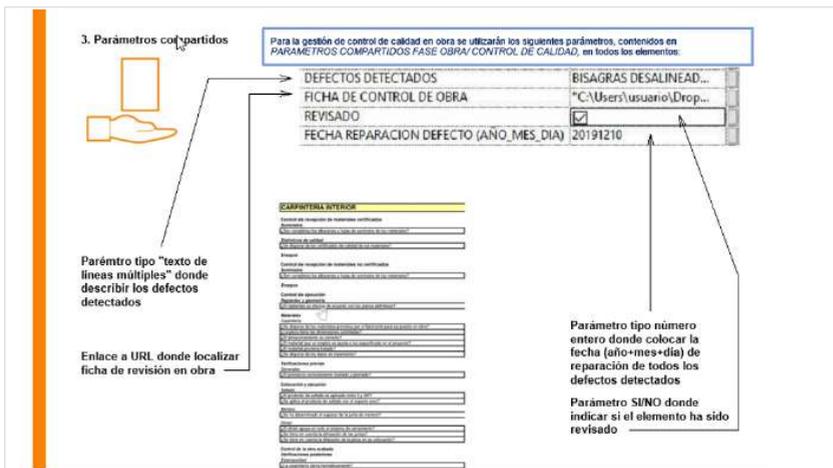


Figura 8. Protocolo para control de calidad en obra, como DEO, definición de parámetros compartidos, para usar en Revit, de BIMlearning.

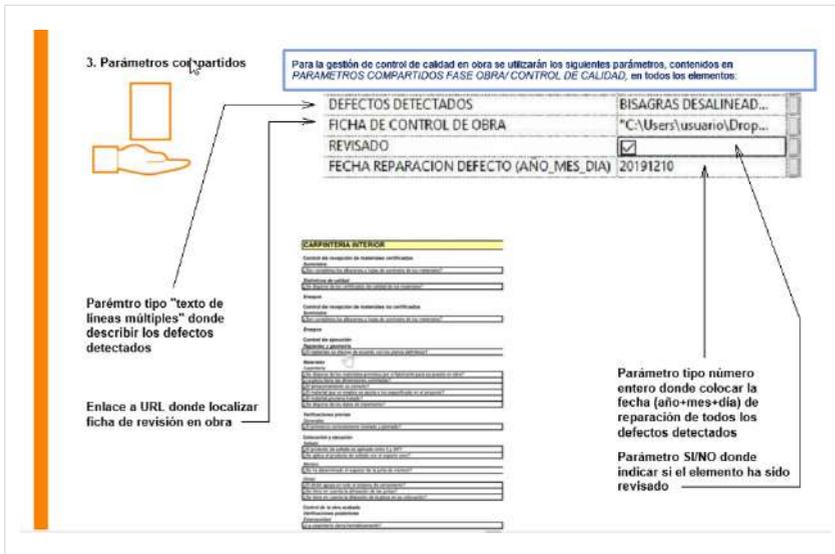


Figura 9. Protocolo para control de calidad en obra, como DEO, definición de parámetros compartidos, para usar en Revit, de BIMlearning.

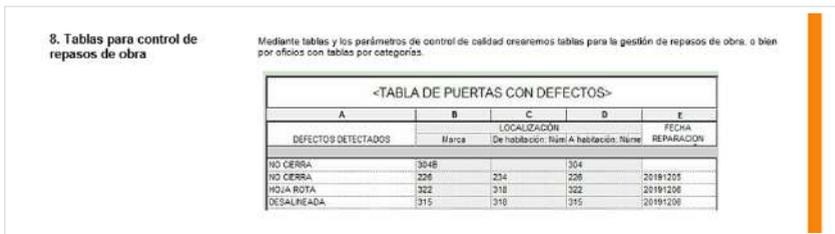


Figura 10. Protocolo para control de calidad en obra, como DEO, tablas para gestión de reparos, para usar en Revit, de BIMlearning.

■ En muchos aspectos si pensamos en BIM como una base de datos será más fácil entender que es capaz de hacer.

### 2.4. Las herramientas de creación de modelos y de objetos BIM

Todas estas labores de modelado, edición y visionado de la información (geométrica, datos y fichas) se crean con software específico y cada uno de ellos suele tener su formato nativo, que solo se puede leer en dicho software, aunque siempre podremos trabajar con formatos IFC que como hemos comentado deben ser importados y exportados desde cualquier software BIM, al ser un formato libre específico para permitir la interoperabilidad entre plataformas, aunque debemos decir que al tratarse de dos tareas de lectura

de datos, primero de una exportación a IFC desde un software A, y posteriormente una importación desde un software B, en estos dos pasos podría haber siempre fallos de escritura y lectura y perderse información. Dependerá tanto de la calidad del software BIM para importar y exportar IFC, como de la configuración realizada por el usuario para realizar estas tareas.

Siempre sería más cómodo que todos los participantes trabajarán con la misma plataforma para evitar problemas de importación/exportación, pero no sería muy real, ya que cada profesional tiene sus herramientas, y además en el caso de proyectos públicos la administración no debe inclinar sus pliegos por una plataforma u otra, en el caso BIM tenemos un

formato libre, con visores gratuitos que es el IFC.

Por otro lado, además de modelos BIM no hay que olvidar el uso de otros formatos y herramientas a usar en procesos BIM. El primero de ellos, que se suele olvidar, son las hojas de cálculo, como por ejemplo Excel, un software muy cotidiano para todos nosotros que juega muy bien en BIM, ya que como hemos comentado es interesante ver el modelo como una base de datos.

La conexión entre modelos y hojas de cálculo es relativamente sencilla (de hecho es posible convertir toda la información de un modelo en una hoja de cálculo), de tal manera que es fácil tanto pasar datos desde una hoja de cálculo al modelo, como hacer lo contrario, de tal manera que podremos incorporar datos a una hoja de cálculo, y volcar dichos datos en el modelo, o exportar una tabla, un listado de defectos por ejemplo para el encargado, a hoja de cálculo, para que este pueda manejarse desde Excel, incorporar información del

estado de repastos, y posteriormente volcar dichos datos al modelo de obra. (Figura 11)

COBle (Construction Operations Building Information Exchange) es un estándar de transmisión de información desde modelos BIM a los propietarios, para la gestión y operación de activos inmobiliarios, utiliza hojas de cálculo al ser un formato manejable por cualquier agente.

■ **No tenemos que hacer tabla rasa con nuestras herramientas actuales, si no incorporarlas a metodología BIM y hacerlas convivir con el nuevo software BIM.**

Otra gran herramienta de uso en BIM son las nubes de puntos, escaneos tridimensionales de gran detalle capaces de realizarnos el levantamiento de edificios o estados de obra en segundos.

En el caso del control de calidad se pueden usar para comparar el estado actual de la obra, con precisión milimétrica, con el modelo proyectado, para ver desplazamientos o errores geométricos durante la ejecución.

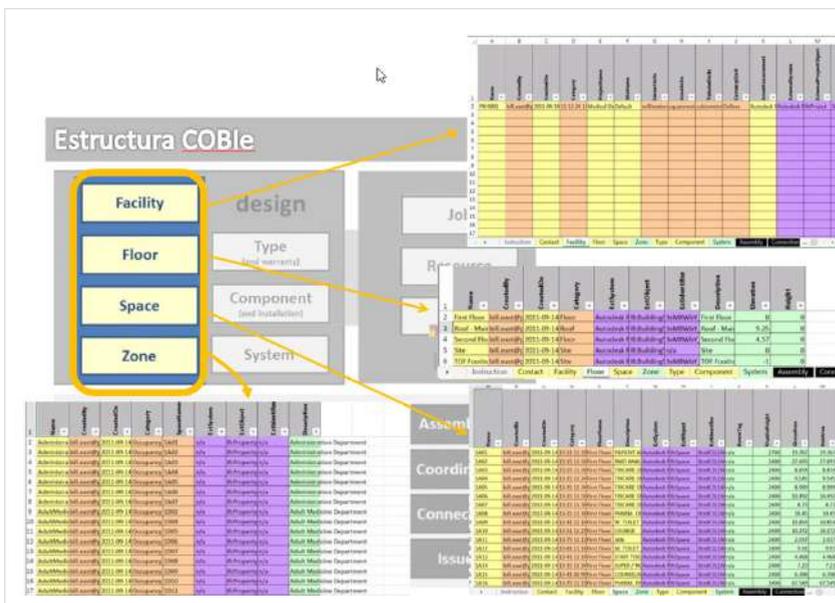


Figura 11. Ejemplo de COBle (Construction Operations Building Information Exchange).

Os dejamos un enlace, de la empresa Cintoo, a un video donde se compara un modelo BIM con el levantamiento de un edificio por nube de puntos: Cintoo Cloud: Compare Scans To A BIM Model

## 3. NECESIDADES DE INFORMACIÓN EN LAS LICITACIONES

### 3.1. Qué se está solicitando en BIM respecto del control de calidad

En estos momentos no hay peticiones explícitas ni en licitaciones públicas, ni privadas, para que las labores del control de calidad se realicen con metodología BIM, exceptuando el chequeo de interferencias o detección de conflictos (clash detection) que se realiza durante el proceso de proyecto, y también las labores de recopilación de ficha y certificados de calidad, que se deberían meter en los modelos, como modelos "as built" y para la generación de documentación final de obra.

Si nos fijamos en la literatura de referencia respecto a los usos BIM de los modelos, como pueda ser la web "usos BIM" del Computer Integrated Construction Research Group del Penn State ([https://www.BIM.psu.edu/BIM\\_uses/](https://www.BIM.psu.edu/BIM_uses/)), podemos encontrar un uso relacionado con el control de calidad:

- Code validation (validación de normas) como proceso BIM para comprobar el cumplimiento de normativas, y revisiones administrativas

Dicho de otro modo, el control de calidad no es un uso BIM normalizado todavía.

En el *Informe 07- Primer Semestre 2019, Análisis de la Inclusión de Requisitos BIM en la Licitación Pública Española*, Observatorio de Licitaciones de es.BIM, que analiza la inclusión de requisitos BIM en pliegos públicos desde mayo de 2017, cuando hace referen-

cia al control de calidad, se refiere al propio modelo BIM, no al proceso de proyecto y obra, y respecto a clientes privados este autor tampoco ha visto dichos requisitos en sus contratos.

No hay que confundirse cuando en los pliegos o contratos se habla de control de calidad, pues se refiere a la calidad del propio modelo: coherencia en la nomenclatura de los elementos, interferencias entre elementos, etc. Es normal que se prescriban una serie de normas para asegurar la "calidad" de los datos del modelo, ya que los datos sin orden no son información.

Quizás no es el punto de vista adecuado el solicitar requisitos BIM desde pliegos o contratos por parte del cliente, sino desde el punto de vista del Arquitecto Técnico ver el modelo y la metodología BIM como herramienta de trabajo en sus labores de control de calidad.

- **El Arquitecto Técnico debe ver BIM no como un requerimiento, si no como una oportunidad.**

De todas formas, aun no habiendo un requerimiento explícito en licitaciones y contratos, si podemos considerar un requerimiento implícito, pues si los formatos de archivos de trabajo para el proceso serán modelos BIM, todas las labores de registro de información respecto al control calidad:

- Revisiones de proyecto
- Recopilación de fichas de materiales
- Información sobre el muestreo de control de calidad
- Inspecciones de obra
- Etc.

deberán realizarse también en los modelos BIM, y el Arquitecto Técnico deberá tener la habilidad de abrir, escrutar y escribir información en dichos modelos.

Un problema muy común en los procesos BIM, y da muy mala imagen como profesional, se encuentra en la petición de exportación de planos, tablas o vistas en formatos CAD, XLS o PDF, debido a que hay agentes en el proceso BIM que no tienen habilidades para manejar modelos, lo que nos devuelve el proceso a formas de trabajar CAD, con la consiguiente pérdida de tiempo, información y calidad del proceso.

Dentro de un proceso BIM se puede entender que el subcontratista de la tabiquería no se le entregue un modelo del edificio, se le entregará el plano de replanteo en papel o PDF como mucho. Pero el Arquitecto Técnico como profesional cualificado de la edificación debe jugar en el proceso BIM con las mismas herramientas que el resto de los participantes. Para cumplir con sus labores de control de calidad, o cualquier otra, debe ser capaz de:

- leer cualquier dato de proyecto
- de generar o extraer el plano o vista necesario
- de leer y/o confeccionar la tabla requerida

### 3.2. Detección de conflictos (clash detection)

La detección de conflictos es una herramienta BIM que identifica las interferencias entre los elementos de un proyecto. Se utiliza para chequear el modelo durante en algunos hitos del proceso de proyecto, ayudando al equipo proyectista en la inspección y control de calidad del proyecto, reduciendo el riesgo de error humano durante estas labores ya que será el software BIM quien busque localice los conflictos.

La detección de conflictos se da por supuesta en un proceso BIM, y es necesaria ya que varios modelos (arquitectónicos, estructurales, instalaciones, etc.) están integrados en un modelo BIM federado, y es lógico que pueda haber interferencias entre los modelos de las diferentes disciplinas, aunque también se utiliza entre elementos de un único modelo de una disciplina. (Figura 12)

La detección de conflictos es una de la patas del BIM, que confiere una mayor calidad y co-



Figura 12. Estas son las situaciones que trata de evitar la detección de conflictos (Clash Detection). Fuente propia a partir de caso real.

herencia constructiva al modelo de proyecto. Gracias a que con BIM realizamos una pro-construcción virtual previa del edificio, los problemas que con procesos CAD solo se podrían haber descubierto en la obra, con los costos y retrasos que suponen repararlos en esa fase, ahora se pueden detectar en proceso de proyecto. (Figura 13)

■ **La detección de conflictos es una de las patas que soporta BIM**

Como podemos ver en la tabla anterior, entre las razones que justifican la adopción de la metodología BIM se encuentra la detección de conflictos (Clash Detection Capabilities of BIM Tools), con un 33% de empresas y firmas que deciden adoptar BIM.

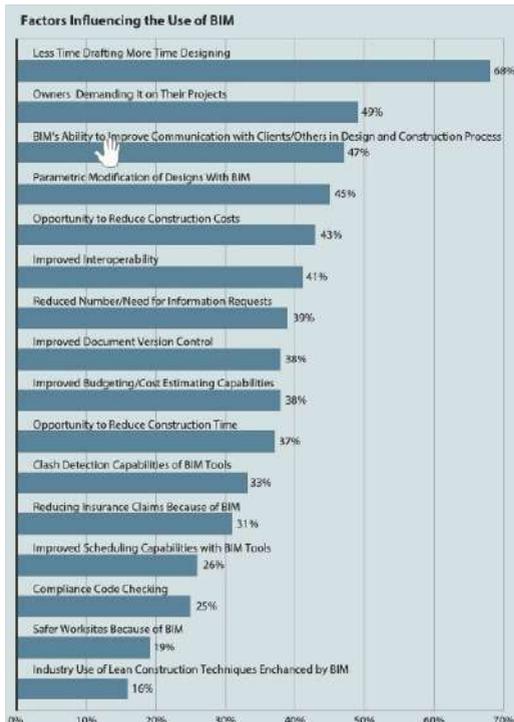


Figura 13. Factores por los cuales se adopta metodología. Estudio Mc Graw Hill.

Las labores de detección de conflictos se ajustan perfectamente a las habilidades del Arquitecto Técnico:

- División del modelo en conjuntos de elementos constructivos
- Prioridad constructiva a los mismos en función de la posibilidad de modificación en obra y/o proyecto
- Creación de reglas de choque o conflicto entre elementos. Básicamente hay tres tipos de conflictos:
  - hard cuando los elementos se maclan,
  - soft cuando se le asigna a los elementos de un conjunto un espacio de seguridad alrededor para evitar problemas constructivos en obra o de mantenimiento durante la operación del edificio,
  - y el temporal que se produce en el tiempo a la hora de instalar elementos de obra, por ejemplo, el típico depósito de agua de 8.000l, que en el proyecto cabe perfectamente en su cuarto de máquinas, pero que luego no entra por la puerta a la hora de instalarlo. (Figura 14)
- Creación de informe de choques y toma de decisiones respecto a cambios del diseño en cada choque: modificaciones del diseño constructivo, indicación de que disciplina debe cambiar o mover el elemento.

Como hemos repasado en los puntos anteriores para realizar una buena detección de conflictos, hay que dominar el proceso constructivo tanto en fase de diseño, como en obra, y es aquí donde el perfil del Arquitecto Técnico tiene el mejor perfil del mercado. (Figura 15)

### 3.3. BEP y control de calidad

Como ya hemos comentado, aunque no es común todavía, la petición de que las labores de control de calidad se soliciten en los pliegos o los contratos no es norma, a excepción de la detección de conflictos, que es una ta-

Test Name	AC-Air Terminals	EL-Cable Tray Run	AR-Casework	AR-Ceilings	AR-Columns	ID-Casework	ID-Ceilings	LC-Communication Devices
AC-Air Terminals	0							
EL-Cable Tray Run	5	5						
AR-Casework	5	5	5					
AR-Ceilings	5	5	5	5				
AR-Columns	5	5	5	5	5			
ID-Casework	5	5	5	5	5	5		
ID-Ceilings	5	5	5	5	5	5	5	
LC-Communication Devices	5	5	5	5	5	5	5	5

Figura 14. Extracto de matriz de choques, que podría estar predefinida en un contrato o licitación, previendo que conjunto de elementos deben chocarse y que tolerancia alrededor de estos deben indicarse en las reglas de choque. Software Navisworks de Autodesk.

**Autodesk Navisworks® Clash Report**

Test 1	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
Test 1	0.001m	107	107	0	0	0	0	Hard	OK

Image	Clash Name	Distance	Grid Location	Clash Point	Item 1			Item 2				
					Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	-0.217	D-3: 6FL	x:-7373.366, y:-1108.751, z:45.685	Element ID: 1394803	6FL	Pipe Types: VP-PVC-CNS1298-B	Pipes: Pipe Types: S8-VP-PVC-CNS1298-B	Element ID: 1653984	6FL	Basic Wall	Walls: Basic Wall: 15cm
	Clash2	-0.189	D-1: 6FL	x:-7376.020, y:-1089.845, z:45.737	Element ID: 1394872	6FL	Pipe Types: VP-PVC-CNS1298-B	Pipes: Pipe Types: S8-VP-PVC-CNS1298-B	Element ID: 1654008	6FL	Basic Wall	Walls: Basic Wall: 15cm
	Clash3	-0.182	D-2: 6FL	x:-7373.585, y:-1097.651, z:45.657	Element ID: 1394346	6FL	Pipe Types: VP-PVC-CNS1298-B	Pipes: Pipe Types: S8-VP-PVC-CNS1298-B	Element ID: 1653996	6FL	Basic Wall	Walls: Basic Wall: 15cm

Figura 15. Informe de detección de conflictos. Software Navisworks de Autodesk.

rea intrínseca al diseño constructivo con BIM, así como la recopilación e inclusión en el modelo de certificados y sellos de calidad para la documentación y modelo final de obra (esto último se aborda en otro capítulo).

El cualquier caso estas labores de registro del control de calidad, si se pretenden que realizar con protocolos y formatos BIM deben aparecer en el BEP, con su fecha de entrega, formato, nomenclatura etc. (Figura 16)

En la imagen anterior podemos ver un extracto de un mapa de proceso, donde se desarrolla gráficamente el BEP. Podemos comprobar como la detección de conflictos está indicada realizarla por el Jefe de Proyecto, en la semana 24 y 30, y se realizará con Navisworks.

Como podemos ver en la anterior figura, todos los procesos BIM deben tener su lugar temporal, su formato y software y su responsable.

Por desarrollar otro ejemplo relacionado con el control de calidad, por ejemplo, la inclusión de ficha de marcado CE, sellos de calidad o DITE, en el modelo final a entregar tendríamos que indicar:

- Qué atributo o parámetro tendría el enlace url a la ficha
- Qué formato debe tener la ficha (PDF, JPEG, etc.)
- En qué momento del proceso debe incluirse
- Quién es el responsable de introducir dicho dato en el modelo

### 3.4. LOD: geometría, información y fichas

El LOD es otro punto dentro de licitaciones y contratos donde se especifica el contenido información y nivel de detalle geométrico que deben contener los elementos del modelo.

Dejando aparte la geometría, la información sobre el control de calidad recaería sobre datos y fichas, como hemos visto en el punto 2.1 (El modelo como repositorio único de información).

Tal y como indica el documento LEVEL OF DEVELOPEMENT SPECIFICATION (BIM FORUM, 2015) en el punto 2.3.6:

#### LOD 500

*El Elemento Modelo es una representación verificada en obra en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación. La información no gráfica también se puede adjuntar a los elementos del modelo;*

Como podemos comprobar no se indica que información no gráfica debe contener, por lo que, si se va a requerir que en el modelo final quede registrada la información derivada del control de calidad, o cualquier sello de calidad, o ficha CE, habría que especificarlo explícitamente, indicando que fichas, documentación, registros de controles de obra, etc., se quieren incorporar al modelo, y en que parámetro o atributo de este deben alojarse esta información. (Figura 17)

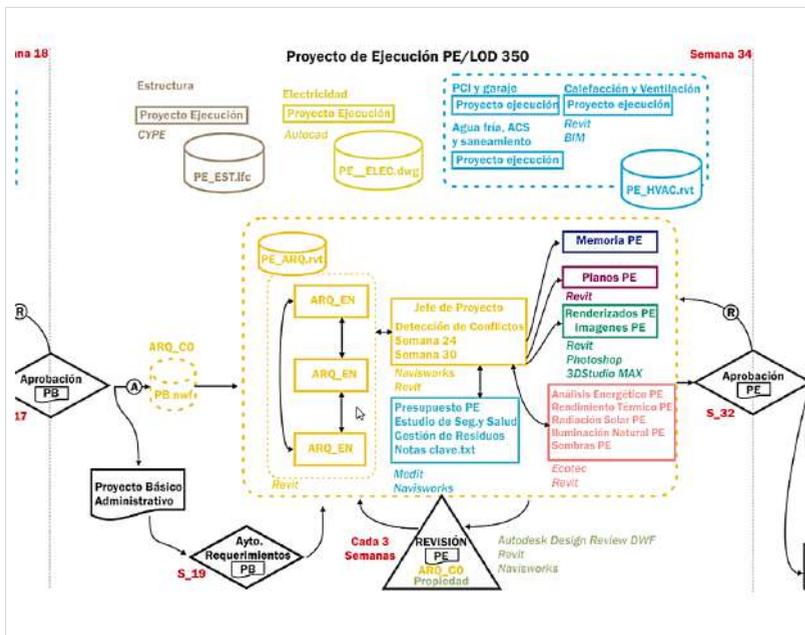


Figura 16. Extracto de mapa de proceso. Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería. Jose Manuel Zaragoza y Miguel Morea. 2015.



Figura 17. Protocolo BIM, para Revit, indicando nombres de parámetros para albergar en el modelo las labores de control de calidad de ejecución, y el control de calidad de la recepción de materiales. Fuente propia.

**3.5. Entornos de datos comunes**

El entorno de datos común (common data environment o CDE) como única fuente de información para todos los participantes a la hora de recopilar, gestionar y difundir documentación, el modelo y los datos no gráficos para proyectistas, dirección de obra y contratistas, será el medio por el cual transmitir cualquier documentación relativa a labores control de calidad.

Hasta ahora hemos hablado de la incorporación de información en el modelo, pero en casos reales el flujo de trabajo es más complejo.

Si pensamos en un proceso de control de ejecución de obra, gestión de defectos y reparos de obra, todo comenzará con:

- El director de ejecución de obra tiene su propia ficha de control de ejecución de por ejemplo muros, para su propio uso, ficha que podrá compartir con los responsables de obra, si estima conveniente para que la constructora también realice su control de calidad con ese documento. El CDE tiene que permitir dar acceso selectivo a la documentación.
- Una vez visitada la obra por el director de ejecución, y/o por el personal de la constructora, y rellenas algunas fichas de con-

trol de ejecución, e incluso algunas fotos, y estas deben subirse al CDE, de tal manera que más tarde el director de ejecución o su personal de confianza puedan abrir dichas fichas de control, e incorporar la información sobre la revisión, defectos detectados, fechas, registro de elementos comprobados, etc., en el modelo.

- Una vez dentro del modelo podremos crear una tabla con los defectos detectados, analizar los datos, realizar estadísticas, o incluso crear un plano de defectos, para vigilar el repaso de estos.
- La constructora a su vez podrá abrir el modelo y directamente extraerá la información de los defectos detectados por la dirección de ejecución directamente del modelo, revisar las fichas de control de ejecución donde aparecen dichos defectos, podrá abrir la tabla con el listado, o crear un plano en PDF, plano que al que se le puede dar acceso al subcontratista para que proceda a las reparaciones en obra.

En la anterior descripción del proceso de control de calidad con BIM, solo se ha usado el CDE para transmitir la información, en ningún momento se ha comentado el uso del mail para enviar fichas o planos, de hecho, el mail está proscrito en un proceso BIM.

Todos los participantes, director de ejecución de obra, jefe de obra y subcontratista, utilizan el CDE para albergar información, o para leerla.

■ El CDE debe imponerse como único medio de transmisión de información en procesos BIM

Otra de las ventajas del CDE es que la información está actualizada, ya que se están leyendo los datos directamente desde el origen de estos. Esto con el mail es imposible, ya que el mail que creamos el lunes con una serie de fichas de defectos, el jefe de obra lo abre el miércoles, el jueves hace un plano, que entrega al subcontratista el viernes. Desde el lunes al viernes seguramente el director de ejecución ha detectado una serie de repasos que no se encuentran en el plano que el viernes abre el subcontratista.

### 3.6. Formato IFC

Según el último, julio de 2019, del Observatorio de Licitaciones de es.BIM, el formato IFC está siendo solicitado en el 58% de las licitaciones, y en un 73% se está solicitando el fichero nativo. Pero el porcentaje de solicitud del IFC probablemente aumentará debido a que es un formato libre, y en las licitaciones públicas no se deberían solicitar entregables nativos de ninguna plataforma específica, para no favorecer a dicha plataforma. En este caso los entregables deben poder abrirse con software libre y gratuito, como le sucede al IFC.

Además, este formato permitirá que cualquier participante, administración, contratas, organismos de control, etc., puedan acceder a los datos del modelo con su software BIM, posibilitará la interoperabilidad entre diferentes softwares.

Existen diferentes tipos y formatos de IFC, pero el tipo más utilizado es IFC 2x3 Coordination View 2.0.

Para más información sobre el IFC: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>

## 4. RESPUESTA A LAS NECESIDADES DE INFORMACIÓN CON METODOLOGÍA BIM

El elemento indispensable para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto con metodología BIM es el modelo.

Este como contenedor único de información va a incluir todo tipo de información referente al proceso de proyecto y obra como ya hemos visto, incluida la relacionada con el control de calidad de dicho proceso.

El modelo, como base de datos que es, nos va a permitir ordenar y analizar la información de este, para las labores que deseemos realizar con dicha información.

Como hemos visto ya en este capítulo, y en otros, nos permite extraer planos, tablas, presupuestos, además de realizar cálculos energéticos, estructurales, etc.

Una vez tenemos un modelo debemos crear procedimientos de trabajo específicos, como por ejemplo para el control normativo del hormigón estructural, que necesita de:

- la lotificación de los elementos estructurales de hormigón
- volcado de datos de control de calidad del hormigón desde la obra al modelo
- análisis de los resultados
- creación de planos con los resultados de los análisis, etc.

Y estos procedimientos se concretan dentro del modelo creando objetos o familias BIM, atributos o parámetros específicos, tablas, fórmulas y planos.

Todas las anteriores labores van a necesitar de ciertas habilidades en software BIM que el Arquitecto Técnico debe incorporar a su "caja de herramientas".

Tal variedad de funciones posibles a realizar con el modelo BIM hacen que el abanico de herramientas BIM sea extenso, siendo necesario conocer de cada herramienta BIM si se ajusta a nuestras necesidades como Arquitecto Técnico antes de invertir tiempo en su aprendizaje.

### 4.1. Modelado de geometría

En principio las labores de control de calidad no nos van a requerir el dominio de generación de geometría en el modelo, ya que está estará resulta, y como ya hemos visto nuestra labor será comprobar la calidad del proyecto, o de la construcción en fase de obra, más que en generar nuevos elementos en el modelo.

En cualquier caso, será indispensable conocer cómo se crean dichas geometrías, y como representarlas en entregables, aunque sea a un nivel básico, ya que sin esa habilidad básica no podremos entender bien los datos del modelo, escrutarlos y analizarlos, o como in-

teraccionan los diferentes elementos del modelo entre sí, del mismo modo que sucede en la construcción del edificio.

Entender los diferentes atributos o parámetros que gestionan los diferentes elementos constructivos del modelo, como se ordenan y categorizan dentro de este, nos va a permitir analizar y comprobar el diseño, así como crear y establecer elementos de control de calidad en el proyecto y en obra.

La creación y edición de modelos se realiza con herramientas de modelado BIM, capaces de crear tanto la maqueta virtual del edificio, la geometría del 3D, como de incorporar información alfanumérica en los diferentes elementos de dicha maqueta.

■ Para crear metodologías BIM que se conviertan en actos concretos de control de calidad durante proyecto y obra, además de conocimientos teóricos, es necesario el dominio sobre alguna herramientas o modeladores BIM.

En la figura 18 podemos comprobar numeroso abanico de herramientas BIM se están

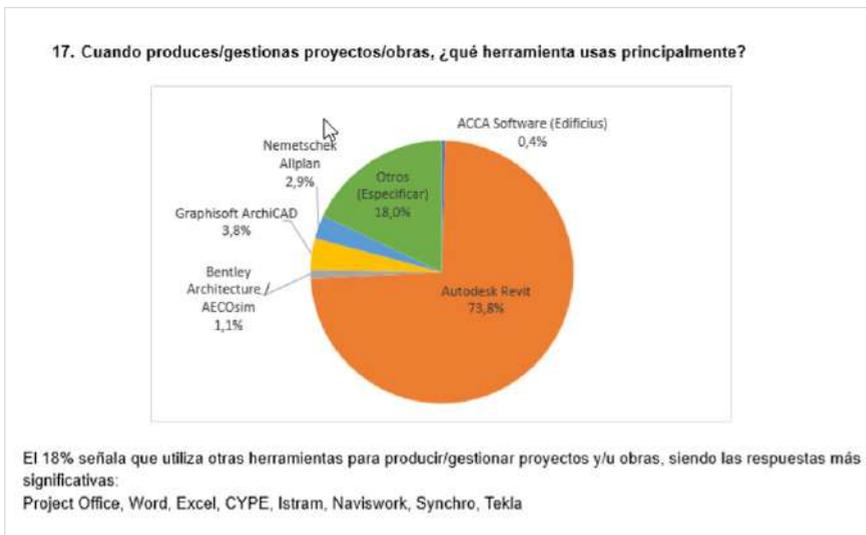


Figura 18. Imagen extractada de la "Encuesta de Situación Actual" de es.BIM, mayo 2017. Usos de herramientas BIM entre los usuarios encuestados. En esta figura podemos ver el abanico de herramientas BIM para la creación de modelos.



**4.3. Inclusión de fichas**

La documentación de control de calidad, como por ejemplo fichas de marcado CE, en formatos jpeg o PDF, se vinculará al modelo mediante enlaces tipo URL normalmente, ya que las herramientas de creación de modelos no suelen tener la posibilidad abrir ciertos formatos como PDF, y aunque en cualquier caso puedan incrustar imágenes, no es operativo incorporar la documentación o fichas directamente en el modelo. (Figura 21)

El aprendizaje necesario de la creación de estos enlaces en los modelos se engloba dentro del aprendizaje de la creación de atributos o parámetros tipo vínculo o url.

Estos atributos o parámetros a modo de enlaces tipo url o hipervínculo, son muy interesantes que sean dominados por los Arquitectos Técnicos responsables en empresas que fabriquen o suministren materiales de construcción, ya que pueden ser incluidos en los

objetos o familias BIM de sus catálogos web, o sus zonas descargas, con lo que automáticamente podemos incorporar cualquier tipo de documento, incluidos los relativos a certificados de calidad, al incluir dichos objetos o familias, con lo que automatiza la labor de control de suministros y calidad en obra.

**4.4. Creación de objetos o familias BIM**

Ciertos objetos o familias BIM, junto a otras herramientas como puedan ser la detección de conflictos y el uso de tablas, pueden ayudarnos a realizar el control de calidad de proyecto.

En general el dominio de la creación de objetos y familias BIM nos va a dotar de un mayor control de los modelos, nos va a permitir personalizar nuestros contenidos en estos. Los modeladores BIM, además de la creación de modelos para proyectos, suelen tener la posibilidad de creación de objetos o familias dentro de la misma herramienta. (Figura 22)

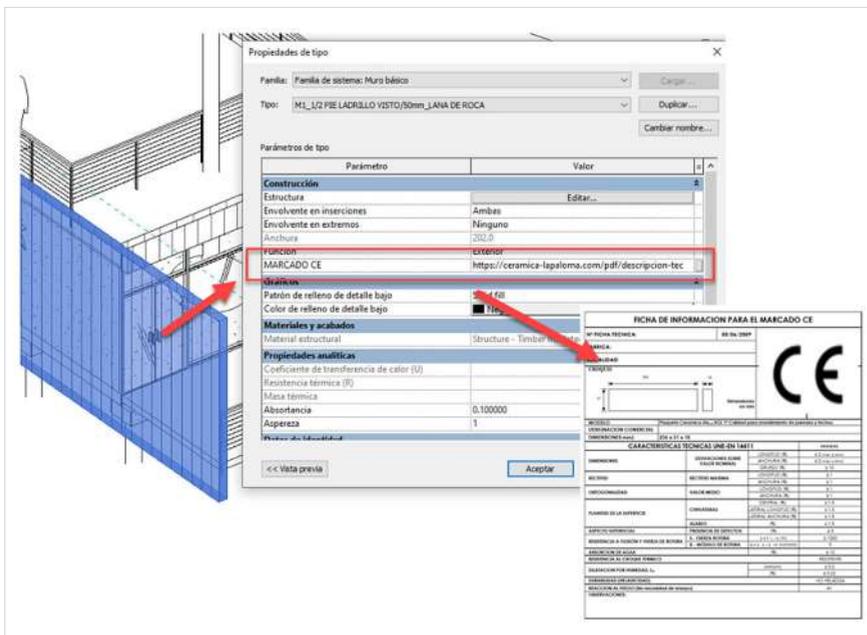


Figura 21. Atributo o parámetro tipo URL, con el hipervínculo a la ficha de marcado CE del ladrillo del muro. Software Revit de Autodesk. Fuente propia. Modo en el que incorporar al modelo la ficha de marcado CE a modo de enlace externo a la web del fabricante.

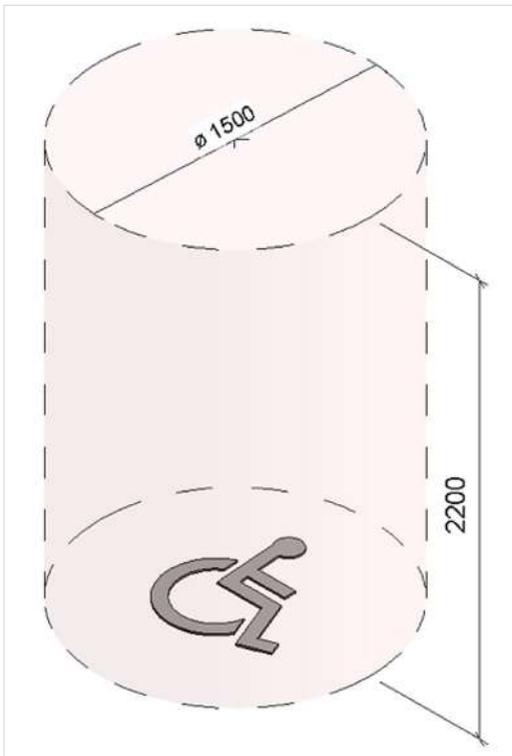


Figura 22. Objeto BIM para la comprobación en modelo de la maniobrabilidad de discapacitados. Fuente propia.

Las habilidades adquiridas en la creación de objetos o familias BIM no solo nos van a permitir crear contenidos nuevos, adaptados a nuestras necesidades, sino que además nos van a permitir seleccionar y modificar los mejores desde el amplísimo número de ellos que ahora nos ofrece internet desde plataformas de contenidos BIM a las propias webs de los fabricantes que en sus zonas de descarga ya ofrecen sus productos en diferentes formatos nativos e IFC para su uso en modelos.

En el caso de Arquitectos Técnicos responsables en empresas fabricantes o suministradores de productos de construcción, la creación de objetos y familias BIM es indispensable, ya que además de facilitar el uso de sus productos y sistemas a los proyectistas, ofreciéndolos

en sus zonas de descarga en sus webs o en plataformas de descargas de objetos BIM, estos pueden contener información como por ejemplo relativa al control de calidad, normas de montaje, etc., facilitando así la labor del Arquitecto Técnico durante la fase de construcción.

#### 4.5. Detección de conflictos (Clash Detection)

Esta herramienta es de necesario dominio para asegurar la calidad constructiva de proyecto como proyectista, o como jefe de obra para comprobar y coordinar previamente en el modelo las labores de construcción y sus interacciones con los medios auxiliares, en las diferentes fases en la obra.

Un buen dominio de detección de conflictos va a necesitar además de los propios conocimientos ya adquiridos como Arquitecto/a Técnico/a en construcción, del dominio de habilidades en el propio software de diseño de modelado BIM, que es capaz de editar el modelo, y del dominio del software específico para detección de conflictos, para desagregar el modelo en conjuntos de choque entre elementos constructivos y realizar informes de detección de conflictos, con el objeto de coordinar los modelos de las diferentes disciplinas, que todos ellos juntos definen el proyecto.

Los softwares de chequeo de modelos BIM del mercado son capaces de leer además de modelos en formato IFC, diferentes formatos nativos, y no están pensados para editar los modelos, sino para leerlos y fusionarlos, así como para realizar labores de detección de conflictos. (Figura 23)

#### 4.6. Entorno de datos común CDE (common data environment)

En los procesos BIM la gestión y transmisión de la información es fundamental,

**7. BIM VALIDATION / BIM CHECKING SOFTWARE**

When combining 3D models from multiple project teams issues can often be uncovered.

These problems can be solved in the virtual model at a much lower cost compared to after the construction team has started the work on site.

Sometimes there are thousands of issues to track.

This is why the following BIM checking/workflow tools are essential to gain the true benefits of BIM.

<b>BIM TRACK</b>		
OpenBIM webapp to centralize issues and communications for resolution.		
<b>REVIZTO</b>		
Real-time issue tracking software with a focus on collaboration and BIM project coordination.		
<b>BIM ASSURE</b>		
Cloud-based software that helps owners and project teams work together to create complete, reliable model data.		
<b>NAVISWORKS</b>		
For opening, combining, review and navigation of 3D models. Features includes clash detection and model simulation.		
<b>SOLIBRI MODEL CHECKER</b>		
For BIM validation, compliance, coordination, design review, analysis and code checking.		
<b>BIMCOLLAB</b>		
Issue collaboration platform built on IFC and BCF open standards to store, share and solve issues with history tracking.		
<b>SIMPLEBIM</b>		
For producing, merging, or using IFC files.		

Figura 23. Listado de software para chequeo de proyecto. Fuente Lodplanner (<https://www.lodplanner.com/BIM-software/>).

por eso es indispensable contar con herramientas específicas para dichas labores como es el CDE, que se adaptan a la metodología BIM.

estos entre los diferentes agentes participantes del proceso.

■ Los datos sin orden no son información.

Podemos definir el CDE como un contenedor global de información en la nube, el correo electrónico no es válido en flujo de trabajo BIM para transmitir información, el cual gestiona de forma estructurada la información y los documentos, así como el intercambio de

El CDE debe ser la única fuente de información utilizada para recopilar, gestionar y difundir la información gráfica y no grafica del modelo, así como para la documentación asociada (estándares, actas, fotografías, etc.) para todos los participantes del

proceso, desde el proyectista hasta el sub-contratista.

La de este único repositorio o fuente de información va a facilitar la comunicación y transmisión de la información, y evita duplicaciones errores.

El CDE debe permitir entre otras cosas:

- Que la información solo la pueda modificar su autor
- Que la información sea generada una única vez
- Acceso a esta solo si a las personas o equipos con acceso permitido
- Que la información y documentos se vayan actualizando y enriqueciendo sobre versiones aprobadas
- Que la información vaya pasando a diferentes fases del proyecto ordenadamente, y que se vayan registrando las versiones de esta

Dentro del CDE la información se puede estructurar en diferentes fases o estados, pero generalmente habrá cuatro áreas principales, que deberá recorrer:

- Trabajo en progreso (WIP, work in progress): en esta área se gestionará la información todavía no aprobada dentro del equipo de trabajo
- Área compartida: esta información ha sido verificada, revisada y aprobada por el equipo de trabajo, y será es compartida con otras organizaciones o equipos, para que la utilicen y se basen en ella para seguir desarrollando información
- Publicada: esta información ha sido autorizada o aceptada por el cliente
- Archivada: esta área se utiliza para crear un registro constante de progreso a lo largo del ciclo de vida , así como todos los cambios (Figura 24)

Con el CDE realmente no se transmite información, sino que más bien los autores crean información que dejan disponible en el CDE, y el resto de los agentes lee esa información directamente del CDE. Con este procedimiento se evitan errores de transmisión, pues los participantes leen directamente de la fuente de información.



Figura 24. Fases o estados de la información según la ISO 19650.

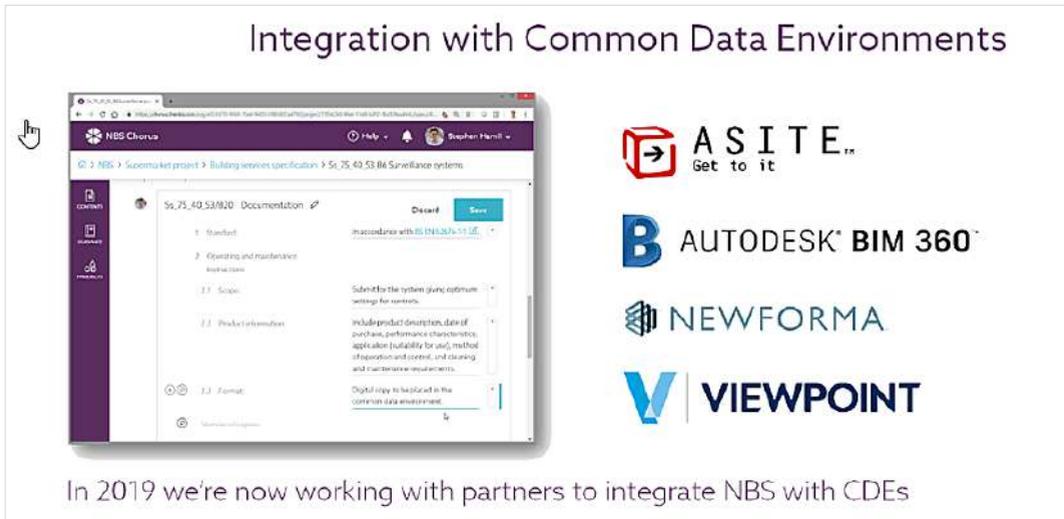


Figura 25. Listado de software y plataformas para CDE de web de la NBS (<https://www.thenbs.com/knowledge/common-data-environments>).

Es de vital importancia, tanto en control de calidad como en cualquier otro aspecto del proceso de edificación, que los Arquitectos Técnicos conozcan y dominen los diferentes conceptos de un CDE, para que puedan manejar sin problemas aquellas plataformas o softwares que en los diferentes proyectos en que participen se utilicen, y entiendan que requerimientos sobre el CDE se están solicitando en licitaciones o contratos.

En el mercado existen diferentes plataformas o herramientas que pueden utilizarse como CDE, que además de contener y gestionar información. (Figura 25)

## BIBLIOGRAFÍA

- G. d. España, LOE. Ley 38/1999, de Ordenación de la Edificación, 1999.
- Comisión es.BIM del Ministerio de Fomento de España, S.G.3.3 de es.BIM, Javier Alonso Madrid y Álvaro Sánchez Palma. «NIVELES DE DESARROLLO»
- Informe 07- Primer Semestre 2019, Análisis de la Inclusión de Requisitos BIM en la

*Licitación Pública Española, Observatorio de Licitaciones de es.BIM, Cristina Palmero Martín, Brais Campos Rodríguez, María Pérez Fanjul.*

- *Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería. José Manuel Zaragoza y Miguel Morea. 2015.*
- *Encuesta de situación actual, de es.BIM, mayo 2017, Carlos Bravo Bartolomé, Noirena Martín Dorta, María Molins Sala.*





# CAPÍTULO 7

## PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Begoña Fuentes Giner

Planificar, programar y controlar el proceso constructivo es una de las actividades inherentes al Arquitecto Técnico en cualquiera de sus vertientes profesionales, tanto por su formación específica como por sus capacidades y competencias desarrolladas a lo largo de la Historia.

La planificación es una de las áreas de conocimiento fundamentales dentro de la gestión de proyectos. En su definición más amplia y genérica, el proyecto es el esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, comprendiendo desde su idea inicial hasta el final de su vida útil (Project Management Institute (PMI) 2017). Todo proyecto tiene siempre tres grandes restricciones para lograr el éxito: el alcance u objetivo final del proyecto, los recursos con los que contamos para realizarlo y el plazo de tiempo disponible para ello.

Precisamente, la combinación del uso óptimo de los recursos de que disponemos para lograr el alcance de un proyecto, utilizando el menor plazo de tiempo posible y organizando los trabajos a realizar en el orden correcto, es lo que hoy en día se conoce como gestión de proyectos y es donde los Arquitectos Técnicos desarrollamos al máximo nuestra capacidad de gestión y dirección.

Entenderemos por planificación de un proyecto y obra de construcción como el conjunto de actividades tendentes a simular la realización

de un trabajo, ordenándolo de la manera más económica posible y previendo todas las acciones para la realización del mismo.

Cuando establecemos que dicha organización de los trabajos se ha de realizar “de la manera más económica posible”, estamos diciendo que, de los posibles escenarios de la simulación, nos quedaremos con la solución que aporte el resultado más eficaz y eficiente posible, esto es, la solución que resulte más productiva. Dicho de otro modo (y teniendo en cuenta las mencionadas restricciones de todo proyecto -alcance, plazo de ejecución y presupuesto-) la mejor planificación de un proyecto y obra de construcción será aquella que:

1. A igualdad de recursos, tardemos el menor tiempo posible en su ejecución.
2. O bien que, a igualdad de tiempo necesario para su ejecución, obtengamos un resultado (alcance) mejor del esperado (y aquí, el concepto “mejor de lo esperado” implica transversalmente la calidad del proceso y del resultado, la mejora de la seguridad y salud en los trabajos a realizar, la optimización del uso de recursos, el impacto medioambiental y la huella de carbono generada por nuestra actuación y la correcta gestión de la cadena de suministros del proceso)

La secuencia habitual en la planificación de proyectos acostumbra a ser:

Planificar ➡ Programar ➡ Controlar

En la fase de planificación, definiremos los objetivos, el trabajo a realizar, los recursos disponibles, el presupuesto necesario y el plazo estimado de ejecución. En concreto, el orden habitual de desarrollo será:

- Definición geométrica, constructiva y con las prescripciones pertinentes, del objeto del proyecto.

■ Del nivel de desarrollo e información con el que se realice esta definición, dependerá necesariamente el nivel de planificación que podremos realizar.

- Análisis de la división del trabajo a realizar (fases, departamentos, servicios, etc.)
- Utilización de la técnica de "Árbol de descomposición de trabajos" (WBS de su denominación en inglés *Work Breakdown Structure*) para la estructuración jerárquica de los trabajos a realizar en capítulos/ tareas/ actividades, siguiendo el criterio de especificar desde lo general a lo particular.

■ El nivel de estructuración jerárquica dependerá directamente del nivel de definición o desarrollo en el que se encuentre en ese momento el objeto del proyecto.

- Elaboración del Estado de Mediciones del Proyecto, cuantificando las cantidades de cada unidad de obra a ejecutar.
- Definición de los recursos humanos, materiales y de medios necesarios para la realización de cada tarea y actividad.

■ Este punto dependerá directamente de las prescripciones técnicas y procedimientos de construcción especificados en el punto 1, así como del cumplimiento de la normativa en vigor sobre prevención de riesgos laborales.

- Elaboración del Presupuesto Estimado de Ejecución Material, elaborando o asignando un precio unitario a cada unidad de obra

cuantificada (resultante de la composición unitaria de recursos humanos, materiales y medios necesarios para su ejecución) y afectando al cómputo de las mediciones obtenidas.

■ En este punto parece conveniente indicar que las unidades de obra contenidas en los documentos del proyecto (especialmente en la Memoria Constructiva), pasan a llamarse "partidas de obra" cuando se incluyen en el presupuesto y van afectadas de la cuantificación de mediciones y precio unitario y "tareas" cuando se planifica su ejecución.

- Selección de la herramienta(s) y grafo(s) más adecuado para el desarrollo de la planificación.
- Establecer las relaciones de precedencia entre tareas (y, dentro de las tareas, entre actividades)
- Estimar la duración de las actividades/tareas en función de los recursos implicados, normativa, prescripciones, condiciones y procedimientos de ejecución, rendimiento y factores de entorno (climatología, trama urbana, logística del centro de trabajo temporal)
- Determinación de las holguras en los plazos de ejecución y el nivel de incertidumbre de la planificación realizada.

En la fase de programación, lo que hacemos es calendarizar la planificación. Esto es, partiendo de una fecha concreta de inicio de los trabajos, establecer el calendario de ejecución del proyecto teniendo en cuenta el Convenio Laboral de la Construcción a efectos de períodos de descanso obligatorios del personal, calendario laboral en vigor y fechas señaladas de ámbito local en la zona de ubicación del proyecto. Igualmente, si así se ha previsto, se tendrán en cuenta las bonificaciones por productividad que se hayan acordado entre las partes.

Por último, tras planificar y programar un proyecto, y una vez iniciada la ejecución, debemos controlar periódicamente el ritmo de producción y ajustar nuestra planificación y/o programación inicial a las posibles desviaciones que se sucedan (bien en forma de adelantos, atrasos, paralizaciones y/o modificaciones del proyecto), introduciendo las medidas correctoras necesarias y posibles dentro de las restricciones que tengamos.

■ Cabe señalar que debería ser una práctica común en proyectos de cualquier nivel de complejidad tener un fondo para riesgos y contingencias, consensuado con el cliente, independiente del presupuesto de ejecución y destinado a la aplicación de este tipo de medidas correctoras que puedan surgir en el transcurso de la ejecución.

En resumen, nuestra misión cuando planificamos y programamos un proyecto consiste en simular distintas soluciones organizacionales y de procesos productivos con el fin de obtener el resultado óptimo en productividad. Estamos definiendo la secuencia de trabajos en la cadena de producción, los recursos necesarios y estableciendo los tiempos de ejecución de cada tarea y el global del proyecto (y con ellos, el coste total de producción), al igual que se haría en la industria manufacturera.

## 1. LA ARQUITECTURA TÉCNICA Y LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y SU CONTROL

### 1.1. Servicios Profesionales

Los proyectos de construcción son cada vez más complejos, especialmente debido a todos los aspectos normativos que han de cumplir. El nivel de especialización y conocimiento que se requiere para el cumplimiento de cada apartado del Código Técnico y resto de normativa en vigor, hace cada vez más necesaria la parti-

cipación de distintos técnicos, especialistas en cada área, para el desarrollo y concreción de la documentación del proyecto.

El Arquitecto Técnico, tanto como autor del proyecto y director de obra como colaborador de proyecto y/o responsable de la dirección de ejecución de obra y demás actuaciones profesionales que tiene atribuidas, es una pieza indispensable en los equipos de proyecto. Entre sus capacidades y competencias se encuentra la de gestionar equipos de personas, con recursos y presupuestos acotados, para llevar a cabo proyectos en un plazo determinado. Su intervención ha ido ampliándose a todo el ciclo de vida de un proyecto, desde la inicial de gestión de suelo para construir y estudios de viabilidad hasta la planificación del mantenimiento y gestión de activos inmobiliarios o su demolición/rehabilitación, pasando por la elaboración de la documentación de proyecto y la ejecución de obra.

#### 1.1.1. Fase de proyecto: el Arquitecto Técnico como gestor de proyectos

Una vez recibido el encargo de un proyecto, llega el momento de planificar su desarrollo. Dependiendo de su complejidad y grado de especialización requerido, las fases de documentación a elaborar podrán ser diferentes, del mismo modo que se podrá afrontar su desarrollo de forma individual o con la necesaria participación de otros técnicos colaboradores.

Tradicionalmente, las fases más frecuentes para la elaboración de la documentación de proyecto son:

- Anteproyecto
- Proyecto Básico
- Proyecto de Ejecución
- Documentación de obra
- Proyecto final de obra
- Puesta en servicio / Fase operativa

Planificación de los recursos humanos necesarios para la elaboración de la documentación de proyecto en las distintas fases

Como ya hemos dicho, dependiendo de la complejidad del proyecto y del nivel de especialización requerido, la documentación a elaborar en cada fase del proyecto puede afrontarse de forma individual o colectiva.

El Arquitecto Técnico, como gestor del proyecto, deberá considerar qué áreas de conocimiento necesita cubrir en cada proyecto y cómo se va a conformar la colaboración con otros técnicos. (Figura 1)

Planificación de los recursos materiales necesarios para la elaboración de la documentación del proyecto en cada fase

Tan complicado (o más) que la elección y coordinación del equipo de técnicos colaboradores del proyecto y del personal de apoyo, resulta la definición y elección de los medios materiales para llevar a cabo el mismo.

Los factores más habituales que debe gestionar el Arquitecto Técnico como coordinador del proyecto, en el ámbito de los recursos materiales, son: (Figura 2)

Factores que influyen en la crisis del modelo tradicional de elaboración de proyectos

Un estudio cualitativo sobre las principales causas que provocan retrasos en la ejecución de proyectos de construcción, realizado por (Rudeli et al. 2018) señala que, a pesar de las dificultades para poder establecer un baremo común y ponderado en la revisión de los estudios científicos publicados sobre este tema, la forma en que elaboramos los proyectos hoy en día tiene una repercusión directa y fundamental en los cambios, retrasos y desfases de presupuesto que sufre posteriormente la obra.

Los principales factores del método tradicional de elaboración de proyectos que influyen directamente en esta situación pueden ser variados, dispersos y muy particulares en cada proyecto, pero su conceptualización

El Arquitecto Técnico como gestor del proyecto (Planificación y gestión de recursos humanos)	Técnicos especialistas en cada área/disciplina del proyecto:	Topografía Diseño arquitectónico Diseño constructivo Geotecnia Diseño y cálculo de estructura Diseño y cálculo de instalaciones (y dentro de esta, especialistas en cada instalación) Protección contra incendios Rendimiento energético Sostenibilidad Prevención de riesgos ➔ Seguridad y salud Mediciones y presupuesto Control de calidad Planificación y programación de obra ...
	Personal de apoyo técnico y administrativo	Apoyo técnico al proyecto Administración y servicios Informática Marketing y ventas Prospección Explotación y uso del edificio

Figura 1. Listado no exhaustivo de especialistas en cada área de conocimiento que pueden intervenir en un proyecto de construcción en función de su grado de complejidad. Elaboración propia. 2020.

El Arquitecto Técnico como gestor del proyecto (Planificación y gestión de recursos materiales)	Ubicación física del equipo de proyecto	<p>En la misma organización.</p> <p>En el mismo espacio físico.</p> <p>Cada miembro en una ubicación diferente, sin vinculación con el resto del equipo.</p>
	Comunicación	<p>Canales de comunicación entre miembros del equipo.</p> <p>Formato de las comunicaciones.</p> <p>Trazabilidad de las comunicaciones.</p>
	Información y compartición de documentación del proyecto	<p>Repositorio o espacio virtual donde se almacenará la información del proyecto.</p> <p>Organización de la información almacenada.</p> <p>Vigencia de la información compartida.</p> <p>Volcado de información generada por cada miembro del equipo.</p> <p>Acceso a la información del proyecto (privilegios de acceso y organización)</p>
	Entorno digital y uso de herramientas informáticas	<p>Seguridad de la red de conexiones.</p> <p>Software a utilizar por cada miembro del equipo.</p> <p>Compatibilidad del software.</p> <p>Interoperabilidad entre aplicaciones de software.</p> <p>Entregables en documentos estáticos digitales.</p>
	Coordinación	<p>Programación de la entrada de cada disciplina en el proyecto.</p> <p>Disponibilidad de la información y archivos base necesarios para cada disciplina.</p> <p>Interferencias entre disciplinas.</p> <p>Volcado de información en repositorio.</p> <p>Coherencia entre disciplinas.</p> <p>Control de calidad del proyecto.</p>

**Figura 2.** Listado no exhaustivo de factores a tener en cuenta en la gestión de recursos materiales para la elaboración de un proyecto de construcción. Elaboración propia. 2020.

básica se podría resumir en la imposibilidad de gestionar la información significativa de un proyecto a lo largo de su ciclo de vida. (Figura 3)

### 1.1.2. Fase de licitación: el Arquitecto Técnico como asesor del cliente en la adjudicación de la obra

Una vez realizado el entregable del proyecto de ejecución, el cliente entrega el mismo a las

distintas empresas constructoras interesadas en licitarlo, para que preparen y presenten sus ofertas técnicas y económicas.

Dependiendo de la capacidad e infraestructura técnica que tenga el cliente, es normal que solicite el asesoramiento del equipo de proyecto (y que normalmente asumirá la Dirección Facultativa de la Obra) para analizar las ofertas presentadas.

Cliente	<p>Dificultad en definir y concretar su programa de necesidades.</p> <p>Falta de visión espacial para comprender y evaluar soluciones de diseño.</p> <p>Falta de proporcionalidad entre el programa de necesidades y los recursos económicos disponibles.</p> <p>Presión sobre los plazos de entrega.</p>
Equipo de proyecto	<p>Trabajo por disciplinas estancas, sin conexión con el resto.</p> <p>Sin vinculación directa con el resto de miembros del equipo. Solo con el gestor del proyecto.</p> <p>Participación en el proyecto lineal, con entrada programada cuando esté disponible la información necesaria y salida cuando vuelca su información.</p>
Disciplinas	<p>Silos de conocimiento, sin transversalidad al resto del proyecto.</p> <p>Prelación del tiempo de desarrollo del diseño arquitectónico frente al resto de disciplinas, sin apenas posibilidades de optimización del resultado por la contribución de todas las demás.</p> <p>Conflictos entre soluciones constructivas de las diferentes disciplinas.</p> <p>Coordinación exclusivamente bidireccional entre cada disciplina y el gestor del proyecto.</p> <p>Dificultad para integrar los posibles cambios que sufra el proyecto cuando el desarrollo de la disciplina ya está avanzado.</p>
Gestión de la información del proyecto	<p>Sin posibilidad de intercambio y uso de información entre las aplicaciones utilizadas en cada disciplina.</p> <p>Carencia de información significativa en los archivos base para el desarrollo de cada disciplina.</p> <p>Información significativa dispersa y no vinculada entre distintos documentos del ciclo de vida del proyecto.</p> <p>Dificultad para garantizar la vigencia de la información en uso por cada disciplina.</p> <p>Dificultad para conservar un histórico de información y la toma de decisiones fundamentada en ella.</p> <p>Dificultad para evaluar el impacto que sobre una o varias disciplinas puede tener un posible cambio en el proyecto, con la consiguiente falta de visión del alcance que implica para la toma de decisiones.</p>
Entorno digital y uso de herramientas informáticas	<p>La información de cada disciplina solo puede volcarse al repositorio común de información en el formato de su archivo nativo (para el que se requiere disponer de una licencia de software para poder consultarlo) o como documento digital estático, donde la información que se muestre es la única que se puede consultar.</p> <p>El uso de la información de una disciplina en otra requiere de volver a introducir la información necesaria manualmente, con riesgo de error.</p> <p>No siempre existe un estándar de denominación de ficheros que facilite la identificación de la información buscada o la última versión de la misma.</p> <p>No todos los repositorios de información tienen un control de versiones de ficheros, por lo que podemos estar utilizando información no vigente.</p> <p>Los repositorios de información, si no están bien organizados y con los permisos de acceso controlados, no garantizan que la modificación que haya podido sufrir un fichero ha sido realizada por el responsable del mismo.</p> <p>La inmensa mayoría de los ficheros de aplicaciones específicas de cada disciplina no pueden exportarse mediante un protocolo de intercambio de información con otras aplicaciones, ni vincular su información a otras aplicaciones directamente.</p>
Comunicación	<p>Los repositorios de información tradicionales no acostumbran a incorporar canales de comunicación que permitan el almacenamiento del intercambio de información entre miembros del equipo y con el cliente.</p> <p>En algunos de los canales de comunicación más utilizados por equipos de proyecto no hay una garantía de trazabilidad ni de respaldo de la información en el tiempo.</p>

Figura 3. Factores que pueden influir en la crisis del modelo tradicional de elaboración de proyectos. Elaboración propia. 2020.

Se podría establecer que, en esta fase del proyecto, a efectos de la planificación y programación de la obra, existen dos etapas: la primera corresponde al análisis de las ofertas presentadas, evaluando la capacidad técnica y económica de cumplir con la planificación y programación incluida en los entregables del proyecto. La segunda sería el inicio de la toma de contacto y trabajo conjunto con la empresa resultante de la adjudicación, con el fin de ajustar la planificación y programación a sus medios de producción, y cuyo resultado se incorporará como documento contractual al acuerdo entre promotor y contratista principal.

#### Análisis de la capacidad técnica y económica de las empresas participantes en la licitación para el cumplimiento de los plazos de ejecución

No existe un único procedimiento para el análisis y evaluación de la capacidad técnica y económica de una empresa constructora, aunque se podrían enumerar algunos de los factores que se deben considerar:

1. La memoria técnica que presenten a la licitación: puede darnos algunos indicios del nivel de comprensión de las soluciones y procedimientos prescritos en el proyecto.
2. Las propuestas de mejora o reservas técnicas que puedan incorporar a la documentación de la licitación: además de lo ya mencionado en el anterior apartado, nos dará muestras de sus recursos y de los posibles conflictos o mejoras entre lo prescrito en el proyecto y sus procesos productivos.
3. La documentación justificativa de su capacidad industrial: el registro de los equipos de obra y medios auxiliares que dispone en propiedad y de su cadena de suministro para alquiler o subcontratación.
4. La documentación justificativa de los recursos humanos que destinará a este proyecto: será indicativo de la experiencia, el

saber hacer y trayectoria de los mandos intermedios que gestionarán la obra desde la contrata principal.

5. El catálogo de obras similares ejecutadas: nos permitirá saber el grado de experiencia y capacidad productiva para acometer proyectos como el nuestro. Además, nos permitirá pedir referencias a las empresas promotoras y/o técnicos que podamos conocer y que hayan participado en esas obras referenciadas.
6. La oferta económica: si presenta el presupuesto con precios unitarios para cada partida de obra (y no únicamente como una baja global al resumen del presupuesto de proyecto), es posible detectar en qué partidas no ha tenido en cuenta los procedimientos de ejecución prescritos o la complejidad de la ejecución prevista)
7. Y, por supuesto, en la programación de obra que entreguen para la licitación. De hecho, aunque este fuera el único documento que tuviésemos disponible para evaluar, ya podríamos obtener conclusiones sobre la capacidad técnica de la empresa para cumplir los plazos previstos: comprobar si se han limitado a incluir el mismo planning que hayamos elaborado nosotros; si es coherente con el resto de documentación que han presentado (medios de producción y cadena de suministro); el nivel de detalle en la planificación de las tareas y actividades; comprobar si la duración prevista de las tareas más complejas de ejecución es coherente o de aquellas que requieren de esperas técnicas han sido contempladas.

Con todo ello estaremos en condiciones de asesorar a nuestro cliente sobre la capacidad técnica de cada empresa licitante, para que tome la decisión que considere conveniente con información de valor.

Adecuación de la programación de obra a los procedimientos de trabajo de la empresa adjudicataria

Una vez que nuestro cliente ha optado por adjudicar la obra a una determinada empresa constructora, llega el momento de consensuar con ella la planificación y programación que irá como documento contractual en el acuerdo entre ambas partes. Véase la *Figura 4*, donde se recogen algunos de los aspectos a contemplar previa firma del contrato.

En este punto del ciclo de vida del proyecto se produce una paradoja interesante: el factor industria, que se ha de encargarse de la ejecución del proyecto, se incorpora por primera vez a su proceso productivo, que se ha diseñado ajeno a sus procedimientos de trabajo y cadena de suministros. Por tanto, la empresa adjudicataria de la obra debe adaptar sus medios de producción y saber hacer a las prescripciones del proyecto.

Como norma general, cuando actuamos como técnicos autores del proyecto o colaboradores en el mismo en las áreas de planificación y programación y en la de mediciones y presupuesto, así como autores del Estudio/Estudio Básico de Seguridad y Salud, deberíamos dejar abierto a los procesos y medios de producción de la empresa adjudicataria los procedimientos constructivos en los que el resultado esperado quede garantizado independientemente del procedimiento seguido para ello, de manera que cada empresa pueda ejecutarlos con su propia industria. Y solo deberíamos exigir procedimientos explícitos y específicos para la ejecución de las unidades de obra donde el resultado dependa directamente del proceso y los medios utilizados o donde no haya otra forma de garantizar la seguridad de los trabajadores implicados. De este modo conseguiríamos un ahorro económico para

nuestro cliente al no obligar a la empresa constructora a buscar medios de producción externos, diferentes a los que pudiera tener en propiedad para la ejecución de los trabajos, si consideramos que estos son adecuados para el resultado esperado y garantizan la seguridad y salud durante la realización de los trabajos.

La planificación se deberá calendarizar, teniendo en cuenta el municipio o término municipal en el que se va a ejecutar (fechas señaladas, festivos locales, etc.), el calendario establecido en el convenio laboral vigente y la fecha prevista de inicio y final de la obra. Este cronograma resultante de todo el trabajo anterior es el documento entregable que se acostumbra a adjuntar al contrato de obra entre promotor y adjudicataria de la obra y constituye la base sobre la que se establecen las estipulaciones contractuales para posibles bonificaciones o sanciones a efectos del cumplimiento de los hitos de producción de la obra y la fecha prevista de finalización. (Figura 4)

### 1.1.3. Fase de ejecución de obra: el Arquitecto Técnico como responsable de la ejecución de obra

Una vez firmado el contrato entre promotor y empresa adjudicataria, obtenidos todos los permisos administrativos, dado de alta el centro de trabajo y comunicado a la Autoridad Laboral el inicio de actividad y aprobado el Plan de Seguridad y Salud de la empresa adjudicataria, las partes están en condiciones de iniciar la ejecución de la obra.

La fecha de inicio de obra se establece con la firma del Acta de Replanteo e Inicio de Obra por todos los agentes principales participantes: el promotor, la empresa constructora adjudicataria y la dirección facultativa. En ella se establece y acepta la conformidad del replanteo inicial del solar y huella en planta del

Aspectos a consensuar entre el Director de la Ejecución de Obra, el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución y la Empresa Adjudicataria de la obra.	Ajuste a los hitos intermedios y plazo final fijados por el Cliente. Fases en las que dividir el proyecto para su ejecución, en función de su tamaño y complejidad y aprovechando juntas estructurales o de construcción.
	Procesos constructivos concretos para cada unidad de obra. Número de cuadrillas de trabajadores asignados a cada tarea para cumplir los ritmos de productividad marcados por los hitos intermedios del proyecto.
	Mandos intermedios de la contrata principal asignados a esta obra.
	Recursos auxiliares necesarios para cada tarea: Equipos de obra Medios Auxiliares Medidas de protección colectiva
	Análisis de sobreasignaciones a recursos en tareas concurrentes. Solución de conflictos.
	Análisis de interferencias y conflictos en localizaciones de la obra por concurrencia de cuadrillas con diferente ritmo de producción.
	Emplazamiento del centro de trabajo temporal. Ubicación de los recintos e infraestructuras auxiliares. Dotaciones. Dimensionado de las instalaciones. Vallados y accesos a la obra. Vados de obra. Ocupación de vía pública.
	Zona de carga y descarga. Zonas de acopio.
	Cálculo del stock mínimo de cada material para garantizar el ritmo de producción exigido en cada tarea y actividad de obra.
	Cálculo del almacenamiento base.
	Cálculo del tamaño máximo del transporte de materiales a obra. Cálculo de costes de porte y reporte.
	Análisis de la cadena de suministro: proveedores, instaladores y subcontratas. Límite de subcontrataciones.

**Figura 4. Aspectos a negociar y consensuar entre el DEO y el CSS con la Empresa Adjudicataria de la obra previa firma del contrato de adjudicación de obra. Elaboración propia. 2020.**

edificio con respecto a lo que figura en los planos del proyecto y se fija la fecha a partir de la cual empieza el cómputo del plazo de ejecución de la obra.

Firmada el Acta, será responsabilidad de la empresa adjudicataria el cumplimiento de los hitos fijados en la programación contractual de la obra, poniendo los medios necesarios para que el ritmo de producción cumpla con los mismos. Y será responsabilidad del Director de Ejecución de Obra (DEO) el seguimiento y control de la producción y el ordenamiento de la disposición de medidas correctivas cuando observe que no se están cumpliendo los ritmos de producción adecuados para alcanzar los hitos.

**Programación de las fases y orden cronológico de ejecución de los trabajos de obra. Flujo de caja**

La buena práctica empresarial recomienda que los hitos de producción en la ejecución del proyecto, así como los recursos comprometidos para el cumplimiento de dichos hitos, deben estar estipulados en el momento de la firma del contrato de obra entre promotor y constructor.

Partiendo de esta planificación y calendarizado en un cronograma, durante la ejecución de la obra se evalúa y testea dicho pronóstico en repetidas ocasiones, para comprobar su validez y cumplimiento y, en caso negativo, reprogramar las tareas que no estén cumpliendo el ritmo de producción requerido.

Con la programación de las actividades en su orden cronológico de ejecución, las mediciones y presupuesto de obra y el conocimiento de los recursos necesarios, podremos prever el flujo de caja que habrá mes a mes en la obra, teniendo en cuenta la producción esperada para ese período y el coste de dicha producción.

### Planificación de los recursos humanos y medios auxiliares necesarios para cumplir con la programación de obra

Cuando realizamos la planificación inicial del proyecto, nos basamos en unos rendimientos medios de mano de obra, maquinaria y medios auxiliares de apoyo, para calcular los tiempos totales de producción. Estos rendimientos se pueden aproximar aún más a los ritmos reales de producción con la participación de la contrata principal en la planificación consensuada para el contrato.

Pero toda planificación y programación de obra son meras simulaciones teóricas, donde los escenarios posibles corresponden al orden cronológico de ejecución que establezcamos de las actividades del proyecto y a una cantidad de recursos finitos que dispondremos para su realización. Con esas variables (actividades y su orden de programación y los recursos asignados a cada actividad) simulamos distintos escenarios de desarrollo hasta dar con el óptimo que nos devuelva como resultado el tiempo más corto de ejecución del proyecto.

Otro de los factores a tener en cuenta para que la programación de la obra sea lo más realista posible y con el menor grado de incertidumbre en cuanto a su probable cumplimiento, es tener en cuenta los períodos estacionales de ejecución de los trabajos. Programar la ejecución de una fachada, con orientación sur, durante los meses más calurosos del año, tendrá una directa repercusión

en la productividad de la cuadrilla responsable del trabajo. Igual sucedería con las cubiertas y otras unidades de obra que, dependiendo de su fecha de ejecución, se verán directamente afectadas por el rendimiento de las personas (y, en algunos casos, también de los materiales).

Puesto que es parte inherente de nuestra actividad trabajar a la intemperie, con directa repercusión de la climatología en nuestra productividad, y la ruta crítica de nuestra programación prevalece frente a las condiciones climatológicas (salvo en los casos de riesgo directo, donde se deben paralizar los trabajos y asegurar todos los elementos de obra susceptibles de verse afectados por la inclemencia meteorológica) apenas tenemos margen de maniobra para programar ciertos trabajos en otro momento del año. Por tanto, deberemos tener en cuenta este factor a efectos del rendimiento y, en el ámbito de la seguridad y salud, disponer las medidas preventivas y protecciones colectivas e individuales necesarias para la continuidad de los trabajos con garantías para la salud de los trabajadores afectados.

### Control de la programación de obra. Medidas preventivas y correctivas para las posibles contingencias

Con la planificación y programación preparada y la construcción en marcha, llega el momento de medir y controlar si se están cumpliendo los ritmos de producción previstos.

Los períodos de control más habituales son los realizados semanal y mensualmente. El período de control semanal nos permite medir los ritmos de producción y rendimientos de cada actividad para programar las necesidades de entradas de material y preparación de tajos a una semana vista. El período mensual acostumbra a coincidir con el de la certificación de los trabajos realizados, para facturarlos. Tam-

bién acostumbra a ser una condición contractual, además de las certificaciones parciales y acumuladas del mes facturado, el presentar un cronograma que muestre el avance de los trabajos en ese período y su relación con la programación de partida.

Cuando el ritmo de los trabajos muestra claros síntomas de desviación al alza o a la baja con respecto a los plazos programados, es necesaria una revisión de la programación inicial para ajustarla a la realidad y ver cómo afecta al resto de actividades posteriores y dependientes de las que se están desviando.

Primeramente, se debería comprobar si la desviación se debe a un factor o factores puntuales o es una tendencia mantenida en el tiempo.

Si fuera una tendencia a la baja, el ritmo de producción es más alto del inicialmente previsto y habrá que actualizar las fechas de entrada de las siguientes actividades dependientes a un plazo más temprano, consultando la disponibilidad de los equipos de trabajo de la contrata principal y subcontratas para la nueva fecha programada. También habrá que ajustar las fechas de entrada de materiales y equipamiento auxiliar.

Si el ritmo fuera a la baja, se deberá discriminar cuáles son la causa o causas que provocan esa bajada de productividad y cómo corregirlas. Salvo la climatología y los riesgos que pudiera generar y obligarnos a la paralización de trabajos, el resto de factores causales pueden ser objeto de intervención por nuestra parte para corregir la desviación negativa. Desde un cambio de proveedor poco serio en su ritmo de suministros a la necesidad de incorporar una nueva cuadrilla de mano de obra a una actividad que va muy retrasada. Cualquier cambio en un proceso productivo

ya iniciado acostumbra a presentar inconvenientes y consecuencias que se deben de sopesar en cada caso. La toma de la decisión acostumbra a realizarse sobre la base económica, contrastando los costes y previsión de plazos con el actual escenario y con el hipotético del cambio, donde habrá que considerar los presumibles sobrecostes de la modificación frente al beneficio del cumplimiento de hitos temporales.

Los posteriores controles de la producción nos mostrarán la efectividad de las medidas correctivas tomadas y si debemos volver a actuar o hemos conseguido reconducir el escenario.

#### **1.1.4. Fase de final de obra y puesta en servicio: el Arquitecto Técnico como gestor del activo inmobiliario**

A medida que se aproxima la finalización de la construcción, hay que programar la puesta en servicio del activo inmobiliario. En el ámbito residencial, acostumbra a ser un trámite administrativo y técnico sin, a priori, mayor complejidad.

Sin embargo, cuando se trate de edificaciones complejas del sector terciario (centros comerciales, hospitales, recintos penitenciarios, por poner algunos ejemplos) es frecuente la entrada del personal que gestionará y se encargará del mantenimiento y operatividad de la edificación, en la fase final de construcción, para su aprendizaje, adaptación y comprobación del correcto funcionamiento de todo el activo, especialmente sus instalaciones especiales y específicas. De este modo se acorta el plazo de transición entre el final de obra y la puesta en funcionamiento.

#### **Planificación de servicios para la puesta en funcionamiento**

Deberemos tener en cuenta esta entrada de personal y planificar sus espacios de trabajo y

necesidades, tanto desde el punto de vista de la seguridad y salud como del equipamiento y adecuación de las instalaciones propias de la obra de las que van a hacer uso o van a transitar por ellas.

También deberemos tener en cuenta las posibles interferencias que estas entradas puedan provocar con el personal y ritmo de producción de la obra.

### Programación del mantenimiento

Independientemente de la complejidad y uso final de la edificación, es preceptivo preparar el Libro del Edificio, documento en el que se recoge toda la información de la construcción, especialmente:

1. El resultado final de la construcción, con su geometría, soluciones constructivas y trazado de instalaciones tal y como se ha ejecutado.
2. El equipamiento instalado, con sus manuales de puesta en marcha y funcionamiento.
3. El registro y contacto de los distintos suministradores e instaladores que han participado en la obra.
4. La planificación y programación del mantenimiento del edificio, especificando el tipo de mantenimiento a realizar (preventivo/obligatorio), quién puede/debe realizarlo y los plazos recomendados para la realización de inspecciones, mantenimiento preventivo y obligatorio.

### 1.2. Herramientas para la planificación, programación y control de plazos de un proyecto de construcción

La mayoría de las técnicas para la planificación y programación de proyectos y obras se basan en la teoría de grafos, que tiene sus fundamentos en las matemáticas, requiriendo diferentes conceptos de áreas como la combinatoria, álgebra, probabilidad, geometría de polígonos, aritmética y topología.

La aplicación de la teoría de grafos en la programación de proyectos de construcción (especialmente en su fase de ejecución) se realiza mediante el uso de las técnicas del Método del Camino Crítico - CPM (*Critical Path Method*) y la Técnica de Evaluación y Revisión de Programas o Proyectos - PERT (*Program Evaluation and Review Techniques*), además de otras técnicas que resultan de la combinación de estas dos (Roy, PEP, LESS, IMPACT, NASAPERT, PERTII, GERT, VERT, CPM/MRP, PDM) así como el uso de la teoría probabilística del juego para el control de la programación, como sería el método Montecarlo.

La planificación y programación basadas en grafos requiere efectuar una labor previa de análisis que aborde los siguientes trabajos (Dirección y Gestión de Proyectos Técnicos - Asignatura Planificación y Programación del Proyecto 1999):

1. Descomposición estructural y ordenada del proyecto en subsistemas (capítulos, como mínimo) y cada uno de estos en las tareas/actividades que lo integran.
2. Descripción detallada de las tareas/actividades que integran el proyecto.
3. Asignación a cada tarea/actividad de los recursos necesarios (humanos, materiales, equipos y medios auxiliares de apoyo) y del tiempo estimado para su ejecución.
4. Establecimiento de las dependencias secuenciales entre las distintas tareas/actividades.

La principal diferencia entre el uso del método CPM o PERT estriba en el grado de incertidumbre que tengamos sobre los tiempos de ejecución de las tareas/actividades (ITOP - UDC 2012):

1. El método CPM es determinístico, partiendo del supuesto de que conocemos exactamente la duración de un trabajo

(por experiencia previa, por medición de rendimientos, etc.). El método CPM solo utiliza un tiempo para cada tarea.

2. El método PERT es probabilístico, utilizando tiempos esperados para la ejecución de las actividades/tareas mediante el uso de estadística. El método PERT utiliza 3 tiempos para cada tarea: el tiempo optimista, el tiempo moda o más probable y el tiempo pesimista.

Establecida la red y determinados los tiempos más pronto y más tarde posible de ejecución, debemos reflejar estos resultados en un diagrama de barras que nos permita controlar la ejecución de la obra.

Los cronogramas son grafos que nos permiten visualizar fácilmente la planificación realizada, representando de forma ordenada las tareas, recursos y actores que intervienen en cada proyecto, con los plazos asignados a cada tarea o actividad. Son el recurso gráfico básico para llevar la producción organizada y controlada.

El diagrama de Gantt es uno de los cronogramas más utilizados para representar la programación de un proyecto. Debe de tenerse en cuenta que no es ningún método de planificación ni programación, solo transmite visualmente la información que con otros métodos hemos programado. Podríamos decir que el Diagrama de Gantt es el entregable de la planificación y programación que hayamos hecho de nuestro proyecto.

#### **Método de programación por líneas de balance: LBS – Location Based Schedule**

La construcción es, después de la agricultura y la ganadería, el sector económico menos productivo, donde mayores pérdidas de productividad se producen. O dicho de otro modo, somos el sector industrial donde

mayor cantidad de horas de mano de obra y recursos hay que invertir por unidad de producción obtenida.

La generalización de la filosofía Lean Construction, con su batalla directa contra los tiempos muertos en el proceso constructivo, ha vuelto a poner en valor métodos de programación que, en nuestro país, no han tenido tanta difusión como CPM-PERT y su plasmación en un Diagrama de Gantt.

La Línea de Balance es un método de programación gráfica que considera a la localización explícitamente como una dimensión. Esto facilita la planificación de recursos, lo cual a su vez permite ahorros en el costo y un menor riesgo en la programación, así como el conocimiento de la ubicación exacta de las cuadrillas de trabajo en un momento determinado.

La programación por Línea de Balance, o en su variante LBS, permite tanto la programación inicial como el control de la productividad en obra, así como saber en qué recintos/localizaciones de obra vamos a tener problemas por la concurrencia de equipos de trabajo de distintas tareas en un mismo espacio físico, con la alta probabilidad de que se produzca un conflicto entre programación y ejecución.

### **1.3. Documentos entregables de la planificación y programación de un proyecto**

El entregable de esta faceta de nuestra actividad profesional acostumbra a ser el Diagrama de Gantt, bien en papel, documento estático digital (PDF) y/o el archivo nativo de la aplicación informática utilizada para crearlo.

La información que hayamos utilizado para realizar la planificación, estará contenida en la documentación del proyecto, tanto en su

memoria constructiva como en las mediciones y presupuesto, así como en el estudio o estudio básico de seguridad y salud. No es habitual que se solicite la entrega de la red de precedencias (CPM-PERT) ni los cálculos de tiempos y holguras, aunque algunas Administraciones y Organismos Públicos exigen en sus licitaciones la entrega de una memoria justificativa de la programación resultante, donde deberemos incorporar toda esta información.

Del mismo modo, para el control y seguimiento de la ejecución, es también habitual la entrega sobre el Diagrama de Gantt inicial del estado de la producción en el momento de la realización de dicho control. Junto con la comparativa gráfica de lo ejecutado frente a lo programado, se muestra el porcentaje de cada unidad de obra ya ejecutada.

Y si la programación se ha presentado en forma de Líneas de Balance o LBS, se presentan las líneas de producción real frente a las de la programación, para comparar la pendiente de productividad y el avance de los trabajos.

## 2. LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y SU CONTROL CON METODOLOGÍA BIM

Trabajar en un entorno BIM significa tener toda la información del proyecto en un contenedor/repositorio único, del que cada disciplina y uso del modelo tomarán la información que necesitan para el desarrollo de sus contenidos y devolverán al contenedor la nueva información generada.

Por tanto, una de las grandes ventajas que ya nos aporta BIM a la planificación y programación de proyectos es que la información que tomamos y generamos no es inconexa con respecto al resto de disciplinas del proyecto, sino que se toma como base y se devuelve

para ser utilizada y/o testeada por otros especialistas o agentes del proceso constructivo. Además, cualquier cambio o modificación que sufra el proyecto, afectará a nuestro trabajo y podremos actualizarlo y adecuarlo en tiempo real.

BIM permite enlazar las unidades de obra modeladas con su posición en el tiempo, tanto por la fase de proyecto en la que aparecen y/o desaparecen como con la asignación del rendimiento y duración de ejecución de las tareas necesarias para su realización. Todos estos valores de tiempo pueden ser parámetros intrínsecos del propio elemento constructivo/ unidad de obra o parámetros extrínsecos creados y gestionados por otras aplicaciones de planificación y programación. En cualquier caso, conformarán información unívoca que irá asociada a cada elemento constructivo del modelo y a los recursos auxiliares que necesitemos para su ejecución.

Esta asociación entre las 3 dimensiones del modelo BIM y el factor tiempo ha generado que a la acción de asignar fases/ plazos/ rendimientos a los elementos del modelo se le denomine 4D BIM (3D+factor tiempo). En adelante, usaremos la expresión 4D BIM (también BIM 4D o, simplemente, 4D) para referirnos a la planificación, programación y control de la ejecución realizada en entornos BIM y utilizando la tecnología que lo hace posible. Y esta expresión se utiliza tanto para denominar la disciplina de planificar y programar en BIM como al uso del modelo con el fin de utilizarlo para estas funciones.

### 2.1. BIM 4D: Concepto y características

Los modelos digitales BIM tienen la capacidad de almacenar la información "tiempo" y enlazarla (o ser parte) de los datos paramétricos de cada elemento constructivo modelado. El conjunto de toda esa información

basada en el factor “tiempo” puede contener diferentes parámetros definitorios y de control que permiten la programación de cada elemento del modelo.

Que la información esté relacionada con el tiempo y asociada a los distintos elementos del modelo significa que, en el caso de un elemento o espacio específico, tengamos información sobre su fecha de entrega, período de construcción/ instalación, secuenciación de tareas y/o interdependencias con otras actividades. De este modo, diseño y gestión quedan enlazados.

El modelado 4D permite al equipo de proyecto y al de dirección de obra ver el progreso de las actividades desde la fase de diseño, con el fin de obtener importantes ventajas como son (ACCA 2018):

1. Control y optimización del tiempo de ejecución de la obra.
2. Control de posibles duplicidades o interferencias graves.
3. Evaluación de diferentes escenarios y sus condicionantes.

El procedimiento de planificación y programación del proceso proyecto-construcción no varía entre el método tradicional y el realizado en entorno BIM, sin embargo, varios son los factores que nos permitirán tener un grado mayor de certidumbre de su cumplimiento en el pronóstico realizado con BIM:

1. Los datos de las mediciones (cuantificación de las unidades de obra a ejecutar) serán de mayor exactitud al ser tomadas directamente del modelo 3D, y cualquier cambio en las mismas será automáticamente actualizado en la planificación.
2. Cualquier modificación o actualización del proyecto en general, o de una de sus disciplinas intervinientes en particular, será mostrada al responsable de la planifica-

ción y programación de la obra en tiempo real, para que proceda a incorporarla en su trabajo.

3. El software BIM 4D permite realizar la planificación y programación dentro de la aplicación o bien enlazar con la información de otro software específico o generalista utilizado con este fin, por lo que nuestros actuales programas de planificación y programación quedan integrados en el flujo de trabajo 4D.
4. Una de las ventajas más destacables de BIM frente al método tradicional de programación es la posibilidad de simular y visualizar distintos escenarios, partiendo de distintas hipótesis de programación, y comparar los resultados obtenidos. La posibilidad que nos ofrece BIM 4D de probar distintas soluciones de programación y poder visualizar los resultados en la pantalla de nuestro ordenador, nos permite optimizar resultados y comprobar la eficacia de los mismos antes de llevarlos a cabo en la propia obra.
5. Y, precisamente, esa posibilidad de generar vídeos con el proceso constructivo programado nos ofrece la posibilidad de que tanto nuestro cliente como la contrata principal y cadena de suministro entiendan mejor la programación que hemos realizado. Son de gran ayuda para la coordinación de actividades empresariales en obra.
6. BIM nos da la oportunidad de trabajar con LBS con mayor comodidad y certidumbre del uso de los espacios del proyecto como variable de producción. Del mismo modo, nos reporta con facilidad y rapidez la instantánea de cómo debería estar la producción en un momento determinado del proceso constructivo.
7. El control de la programación a lo largo del proceso de construcción también se puede almacenar como información del

modelo 4D, registrando los resultados de productividad en los períodos de control que hayamos establecido.

8. BIM 4D ofrece otros usos más allá de la programación de la obra, como puede ser el entrenamiento y formación de personal o el análisis de las condiciones de trabajo para la evaluación de riesgos y disposición de medidas de protección.

### 2.1.1. Uso del modelo BIM para la planificación, programación y control de plazos de ejecución. Determinación del alcance y desarrollo

Toda planificación es un pronóstico y todo pronóstico tiene errores. Además, cuanto más largo sea el período de este pronóstico y cuanto más detallado sea, mayor será el error (Ballard, Hammond, y Nickerson 2009).

La planificación y programación de una obra es uno de los muchos puntos donde la filosofía Lean Construction y BIM comparten objetivos y procedimientos de trabajo comunes. En un proyecto desarrollado en BIM, el nivel de detalle de la programación y planificación irá directamente condicionado por el nivel de desarrollo (LOD) del modelo 3D del proyecto.

Como ya sabemos, el nivel de desarrollo de distintos elementos del modelo BIM 3D puede estar a distinto grado de definición, con la cantidad y calidad de información proporcional a dicho nivel. Por tanto, podremos realizar la planificación y la programación con el mismo nivel de detalle con el que estén definidos.

Podemos empezar a programar desde las fases tempranas de definición del proyecto, permitiéndonos mostrarle al cliente el proceso general. A medida que se avance en el desarrollo y las distintas disciplinas vayan incorporando información, podremos empe-

zar a planificar recursos y a programar fases y procesos. Esto nos permite, desde un estadio inicial, empezar a establecer las distintas fases de ejecución, detectar conflictos o problemáticas en la ejecución de los elementos constructivos incluidos en el proyecto (para su subsanación o mejora en la misma fase de proyecto), definir procesos constructivos con sus medios auxiliares, etc.

Cuando el proyecto entra en fase de licitación por las empresas constructoras aspirantes a conseguir el contrato de ejecución, se puede acompañar a la documentación de licitación, el archivo de vídeo con la primera planificación de trabajos y programación de la obra, para un mejor entendimiento y transmisión de la idea que el equipo de proyecto tiene sobre la ejecución programada.

De hecho, las empresas licitadoras pueden también presentar entre la documentación de la oferta, su propio fichero de vídeo con la propuesta de planificación y programación de obra, incluyendo sus recursos y procedimientos de trabajo.

Pero donde BIM 4D demuestra su verdadero potencial es cuando el modelo BIM alcanza el nivel LOD 400, con la información necesaria para su ejecución. En ese momento, con la obra en marcha y la adjudicataria de la obra trabajando conjuntamente con el Director de Ejecución de Obra (DEO), se pueden llegar a simular procesos constructivos a un nivel de detalle equivalente a la realidad a ejecutar. De esta manera se pueden detectar las necesidades de equipamiento y medios auxiliares, fuerza de trabajo, necesidades de los espacios de trabajo, acopio de materiales, etc. Este es un trabajo que se hace fase a fase, con un plazo de antelación suficiente a los trabajos a simular como para que nos dé tiempo de mejorar, corregir y optimizar los procedimientos

y procesos programados. Como comentario a esta situación, indicar que en algunas obras ya existe la figura del “jefe de obra virtual”, cuya misión es ir desarrollando los trabajos que en la obra real se van a realizar en un plazo próximo, de manera que se adelanta a los posibles problemas que puedan surgir y determina el mejor procedimiento y recursos necesarios para su ejecución. Toda esta información se la entrega al jefe de obra “real” para que organice la ejecución de los tajos y tome decisiones fundamentadas en las simulaciones y resultados de las mismas previamente analizados de forma virtual.

Para la toma de datos de los avances en la ejecución, se pueden utilizar los métodos tradicionales e incorporarlos al modelo 4D o se pueden utilizar tecnologías que pueden volcar o conectar la información capturada dentro del modelo BIM 4D, como son el escaneo 3D o la toma de imágenes con drones. Si se realiza esta toma de datos digital según plazos estipulados, toda la información del proceso de construcción puede estar contenida en nuestro modelo de planificación y programación, teniendo el histórico de rendimientos y productividad almacenados en el repositorio común de información del proyecto.

#### Preparación del modelo BIM para la planificación, programación y control de ejecución

Cuando, como responsables de desarrollar la planificación y programación de obra durante la elaboración del proyecto, nos dan acceso a la información de diseño y la que cada disciplina vaya volcando en el CDE (espacio común de compartición de información), lo primero que deberemos hacer es preparar el modelo de coordinación (o cada uno de los modelos federados) para nuestra tarea.

Esto significa que, en los estadios tempranos de definición del proyecto, simplemente po-

dremos organizar temporalmente el proceso de ejecución en grandes lotes constructivos, puesto que no tendremos más información de la definición de los elementos del modelo: cimentación, pilares de la planta 1, forjado 1, pilares de la planta 2, forjado 2... y así sucesivamente. Por tanto, deberemos agrupar estos elementos del modelo en lotes característicos y asignarles un inicio y fin de ejecución con su plazo necesario. Lo habitual es hacerlo por niveles o plantas definidas en el proyecto. También podemos ir estableciendo el orden de ejecución y dependencia entre estos lotes o agrupamientos de elementos constructivos.

A medida que el desarrollo del proyecto avanza y puesto que tenemos nuestro modelo 4D vinculado al modelo de cada disciplina, se irá actualizando en el nuestro la información que se vaya incorporando en estos.

La buena práctica en BIM recomienda este flujo de trabajo como el más habitual, aunque se puede variar o modificar en función de las condiciones de evolución de proyecto:

1. El especialista y responsable de la planificación y programación del proyecto es quien debe preparar el modelo 4D, basado y vinculado al modelo 3D de cada disciplina, para realizar dicha organización de los trabajos. No acostumbra a ser buena idea que profesionales no expertos en la planificación y programación de procesos constructivos preparen el modelo para dichos fines.
2. El Plan de Ejecución BIM (BEP) será el documento que establezca todos los aspectos relativos al flujo de trabajo en el entorno BIM. Deberemos referirnos a él para todo lo concerniente a nuestra actividad en el ámbito de la planificación y programación.
3. La primera parte del flujo de trabajo será preparar el modelo BIM 3D en unidades

lógicas de ejecución. Esto es, dividir los elementos constructivos del modelo en las partes y fases en las que será realmente ejecutado en obra, considerando las juntas estructurales y/o de construcción.

4. Crearemos un parámetro específico de proyecto que identificará la parte con la tarea de programación. El valor de este parámetro será diferente para cada parte en la que hayamos dividido el modelo BIM.

■ Todos los programas BIM 4D permiten el enlazado manual de elementos del modelo con tareas de la programación, pero este método no se recomienda porque, en caso de modificación del modelo BIM 3D, habría que volver a repetir la operación de enlazado con cada nuevo elemento que aparezca o desenlazar los que desaparezcan. Esta práctica puede ocasionar errores y, además, provoca una caída en la productividad de nuestro trabajo.

5. Debemos de enlazar este parámetro creado con nuestra programación. Dependiendo del software específico o generalista que utilicemos para la planificación y programación, el flujo de trabajo varía:

- a. Si trabajamos con software generalista configurado para la planificación y programación, deberemos vincular la información del modelo con la aplicación a utilizar, mediante ficheros de intercambio de datos tipo txt o csv (por ejemplo).
- b. Si trabajamos con aplicaciones específicas tipo Primavera o MS Project, deberemos asignar el mismo valor del parámetro a las tareas programadas.
- c. Si trabajamos con software específico BIM para planificación y programación, realizaremos agrupamientos mediante filtros de selección que se corresponderán con las partes en las que hemos dividido el modelo 3D. Y a cada uno de estos grupos le asignaremos el valor del parámetro del modelo 3D. De esta manera nos asegura-

mos de que, aunque el modelo sufra modificaciones o añadidos, la designación de los elementos constructivos que van en el mismo grupo de ejecución se actualizará mediante el valor común del parámetro.

■ Cabe indicar que hay software específico BIM 4D para programación que permite trocear el modelo 3D en las unidades lógicas de ejecución dentro de esta aplicación, lo cual nos ahorra la necesidad de tener instalada una licencia del modelador BIM (en caso de no necesitarla para otras funciones).

- d. Si trabajamos con software BIM 4D y con programas específicos tipo Primavera o MS Project, podemos importar la programación realizada en estas aplicaciones y enlazarla con los grupos de selección realizados, mediante el valor del parámetro asignado.

6. La vinculación entre el modelo BIM 3D y el de programación 4D se realizará mediante un protocolo de interoperabilidad, bien en formato IFC o bien en un formato específico que tanto la aplicación de modelado como la de programación sean capaces de entender.

■ Hay software de modelado que incluye entre sus funciones la programación de obra, por lo que no existe tal intercambio de información entre archivos, sino que se trabaja dentro de la misma aplicación y queda almacenado en el mismo fichero.

7. Llegados a este punto con la preparación de la información, nos encontramos en condiciones de simular distintos procesos de ejecución, en función del nivel de detalle en el que estemos trabajando. Podríamos guardar el resultado de cada simulación con su vídeo correspondiente para la toma de decisiones posterior.
8. Algunos de los programas BIM 4D permiten la inserción directa de objetos BIM en

la planificación y programación no contenidos en el modelo 3D, como por ejemplo, maquinaria pesada (equipos para movimiento de tierras, grúas torre, etc.) y medios auxiliares (cimbras, encofrados, andamios) de manera que si ya estamos en la fase de programación a corto plazo, durante la ejecución de la obra, se pueden especificar los procesos con mucho detalle y analizar posibles interferencias entre estos recursos y el avance de la obra. Estos objetos BIM pueden ser elementos genéricos o bien específicos de una marca comercial y tipo concreto, que responden con gran similitud a los reales, de manera que podemos planificar y comprobar exactamente algunos de los requisitos y características que les vamos a exigir en obra y poder tomar decisiones basándonos en las simulaciones realizadas.

9. Todo el software BIM 4D permite controlar el flujo de caja y el control de costes asociados a cada tarea programada.
10. El software BIM 4D también nos permite realizar el control de la programación de la ejecución, pudiendo almacenar y comparar lo inicialmente programado con el ritmo de producción real de la obra.

### 2.1.2. Software BIM para la planificación, programación y control de ejecución de un proyecto de construcción

En este apartado de la Guía simplemente deseamos mostrar las distintas filosofías de trabajo e interoperabilidad que encontramos en el actual software BIM 4D del mercado. No se pretende realizar un listado exhaustivo recopilatorio de la oferta sino, más bien, presentar los más utilizados en el ámbito profesional y las principales características que tienen.

Antes de iniciar el repaso, algunas consideraciones comunes a, prácticamente, todos ellos:

1. Destacar que toda la fase de cálculo de la red de precedencias, holguras y camino crítico (CPM-PERT) no se desarrolla dentro de este conjunto de programas, sino que tomando como base la información del modelo 3D (mediciones, unidades de obra), se programa directamente el orden y tiempos de ejecución. Si deseamos elaborar el CPM-PERT de nuestro proyecto, deberemos enlazar la información del modelo 3D con un software específico que realice estas funciones, bien Primavera de Oracle, MS Project o en hojas de cálculo con funciones y plantillas preparadas para tal fin, tipo Excel u OpenExcel.
2. Todos los programas BIM 4D permiten la inserción de los recursos asignados a cada tarea, así como la gestión económica del presupuesto de ejecución (BIM 5D) en función de la programación.
3. Generalmente, todos los programas BIM 4D pueden interoperar con las aplicaciones específicas de planificación y programación de obras, tipo Primavera de Oracle, MS Project, etc. y con software generalista que usemos para estos fines, como Excel u OpenExcel. Permiten la vinculación con los archivos de estas aplicaciones, de manera que la programación la realizamos en estos y la importamos al software BIM 4D.
4. Casi todos ellos permiten la incorporación del modelo BIM 3D en múltiples formatos de archivo. Además del fundamental IFC, pueden incorporar ficheros nativos desde distintas aplicaciones BIM de modelado.

### Software de modelado BIM que integra 4D en la misma aplicación

En este apartado tenemos el programa Edificius de ACCA Software (<https://www.acca-software.com/es/software-BIM>). Edificius es el programa profesional de modelado BIM de esta firma italiana. A diferencia de otras com-

pañías, ACCA incorpora la gestión de la programación temporal y económica del proyecto en la misma aplicación con la que modelamos, por lo que el uso de la información se hace de forma nativa, sin necesidad de interoperar con otras aplicaciones, aunque Edificius también puede importar ficheros de distintos orígenes.

En cualquier caso, reseñar que ACCA Software tiene un programa específico para la planificación y programación de proyectos, PriMus KRONO, independiente de Edificius y que puede interactuar con él y con otros programas BIM 4D.

### Software aglutinador que incorpora BIM 4D

Aquí nos encontramos con software como Navisworks de Autodesk (<https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>), que aglutina distintas opciones de gestión de modelos BIM.

Navisworks es uno de los programas más utilizados, tanto por profesionales que trabajan habitualmente en entornos BIM de Autodesk, con Revit como modelador principal, como por aquellos que, utilizando otros programas de modelado, usan Navisworks para la gestión de información de sus modelos.

Autodesk, en el momento de redactar esta Guía, ofrece la licencia de Navisworks en tres opciones posibles:

1. Navisworks Freedom: Es un visor BIM gratuito. Cualquier persona puede descargarlo e instalarlo en su ordenador (si cumple con los requisitos mínimos de hardware). Permite el visionado y consulta de modelos BIM creados con otras aplicaciones o con el mismo Navisworks.
2. Navisworks Simulate: Es el pack del programa dedicado al análisis 5D de la gestión de costes y 4D de la planificación temporal del proyecto.

3. Navisworks Manage: Es el programa completo, que incluye las funciones de Simulate además de otras dedicadas a otra gestión de información, como el control de calidad del proyecto, detección de interferencias entre disciplinas, etc.

La función que nos permite la programación y simulación de escenarios de procesos constructivos es *TimeLiner*, que puede funcionar bien desde el propio programa, bien vinculando la programación hecha con otras aplicaciones como Primavera de Oracle o MS Project.

Navisworks es capaz de trabajar con los archivos nativos de más de 60 aplicaciones diferentes, con archivos IFC o con archivos propios.

En este grupo también entraría la suite Vico Office de Trimble (<https://gc.trimble.com/product-categories/vico-office-time>) que, entre sus módulos de aplicación, tiene Vico Office for Time, el planificador y programador BIM que trabaja indistintamente con Diagramas de Gantt y Líneas de Balance con asignación de localizaciones (LBS). Al igual que el resto, permite la visualización de la simulación sobre el modelo, pudiendo utilizar los vídeos del proceso para la coordinación de actividades empresariales en obra.

La suite contiene también los módulos para el control de costes y para el control de calidad del proyecto. Vico Office está considerado como uno de los programas BIM para gestión de proyectos más completos y profesionales que hay en el mercado.

### Software específico BIM 4D

SYNCHRO Software (<https://www.synchro ltd.com/>) de Bentley, es una plataforma completa de software BIM dedicado a la planificación, programación y control de obra. Contie-

ne varias aplicaciones, todas ellas enfocadas al flujo de trabajo del programador de proyectos de construcción. Desde un programa donde elaborar la planificación CPM-PERT y/o mediante Líneas de Balance, pasando por otro que posibilita realizar el trabajo en equipo simultáneamente, aplicaciones para poder visualizar mediante realidad mixta (mezcla de realidad virtual y aumentada proyectada sobre el espacio real) el avance de la programación, otra para poder llevar la programación en dispositivos portátiles tipo teléfonos inteligentes o tablets, y, por supuesto, el programador BIM 4D donde simular escenarios incluyendo los trabajos y recursos temporales, la logística del centro de trabajo temporal, etc. Como todos los demás, permite la exportación en formato vídeo de la secuencia de construcción y acepta múltiples formatos de archivo para la importación del modelo BIM para trabajar con él.

Una de las características destacables de SYNCHRO es el hecho de poder preparar el modelo 3D en el mismo programa, sin necesidad de previamente editarlo en el modelador original con el que haya sido desarrollado. Ello permite descomponer el modelo en las unidades lógicas de ejecución, con sus partes y fases, directamente en esta aplicación, ahorrándonos la necesidad de tener una licencia del software de autoría BIM con el que se desarrolló el modelo.

### 2.1.3. Interoperabilidad entre software BIM 4D

Tal y como ya se ha indicado, todos los programas de BIM 4D están preparados para integrarse perfectamente en el flujo de trabajo de un proyecto BIM, por lo que la utilización de los archivos base de modelado para la realización de la programación, se puede hacer por distintos caminos:

1. Vinculando el archivo nativo del modelo 3D dentro de la aplicación.

2. Preparando el modelo 3D, mediante el plug-in que se instala en el programa de modelado, para exportarlo en el formato del programa 4D.
3. Utilizando el modelo IFC.

De cualquiera de las formas que la aplicación nos permita hacerlo, el aspecto fundamental es mantener el modelo 4D vinculado al 3D, para que cualquier modificación del proyecto se actualice en el nuestro.

También es fundamental el procedimiento de trabajo que tengamos para el agrupamiento de las unidades de obra en unidades lógicas de ejecución, para que las variaciones o actualizaciones del modelo queden automáticamente añadidas a los grupos de selección programados correspondientes.

### 2.1.4. Funcionalidad y valor añadido en el uso de BIM para la planificación, programación y control de obra

Como Arquitectos Técnicos responsables de la planificación, programación y control de la ejecución, trabajar en entornos BIM nos facilita y permite realizar nuestra actividad con un mayor grado de certidumbre y aproximación a la realidad.

Resumiremos ahora algunas de las funcionalidades que hemos ido comentando a lo largo de este apartado:

#### Visualización y simulación

Sin duda, uno de los grandes valores que nos aporta la programación temporal en BIM es la posibilidad de testear de inmediato el resultado de nuestro trabajo, con posibilidad de introducir variables diferentes en nuestra simulación y visualizar el efecto que producen.

Hasta ahora, la capacidad para plasmar nuestro trabajo en un diagrama de Gantt y trans-

mitirlo al resto de agentes implicados, quedaba condicionado a la capacitación de estos para entender el grafo y todas las implicaciones que en él se vinculaban.

Con BIM 4D podemos visualizar el proceso programado, de forma general o muy detallada, en función del momento del proceso en el que nos encontremos, introduciendo objetos con capacidad para comportarse en la simulación digital tal y como lo harán en la realidad y, por tanto, podremos evaluar su pertinencia, emplazamiento correcto, capacidades y rendimiento.

### Viabilidad logística

Planificar el emplazamiento del centro de trabajo temporal, con todas las necesidades de infraestructura auxiliar que necesitaremos y el espacio disponible, es uno de los grandes retos del inicio de una obra.

La principal diferencia entre las soluciones 2D y la planificación en 4D es la posibilidad de la simulación de las condiciones reales del solar, tráfico, testear las condiciones de acceso para vehículos de todo tipo y su circulación dentro del recinto de la obra, ubicación con dimensiones reales y comerciales de los recintos de servicios (vestuarios, aseos, comedor, oficina de obra), trazado y dimensionado de las instalaciones (electricidad, agua, saneamiento), el trazado del cerramiento de la obra y accesos a la misma, etc. De manera que lo planificado luego sea realmente trasladable a la realidad de la obra y, por tanto, exigible a efectos de la seguridad y salud y operatividad del centro de trabajo.

### Análisis de opciones de programación y contingencias

Cualquier variable que queramos introducir en nuestra programación, para evaluar su impacto en el proyecto, se puede visualizar y estimar las repercusiones que tendrá.

Se pueden programar distintos escenarios, con la participación de diferentes factores y variables, para una toma de decisiones fundamentada en el impacto que tendrán.

Y todos ellos son fácilmente comprensibles para el resto de los agentes del proceso mediante la visualización en formato vídeo.

### Detección de interferencias en la programación

Una opción muy útil que nos ofrece BIM 4D es la localización de los conflictos en nuestra programación. Por ejemplo, saber en qué punto de la obra, los medios previstos para la ejecución de una tarea dificultan o entorpecen la ejecución de otra; saber en qué localización y momento, una tarea con mayor productividad alcanzará a su predecesora y de la que depende directamente para la continuidad de su actividad, de manera que decidamos cómo intervenir para solventar con antelación estas situaciones.

Disponer del modelo 3D donde poder insertar los medios auxiliares y equipamiento de ejecución en la línea de tiempo, para ver cómo interfieren con el proceso constructivo y necesidades de cada tajo, es una de las grandes ventajas que nos aporta trabajar en este entorno digital. Nos permite adelantarnos a los problemas que podríamos encontrar en obra y ajustar nuestra programación a esa previsible realidad.

### Información, formación y coordinación de actividades en obra

Estos archivos de vídeo, para la visualización de la programación de obra, pueden ser utilizados en las reuniones de coordinación de actividades empresariales en obra, de manera que la contrata principal y su cadena de suministro puedan ver y aportar detalles y condicionantes sobre el ritmo de ejecución, interferencias y otros factores que pueden afectar al ritmo necesario de producción.

Por supuesto, la contrata principal también puede utilizarlos para preparar la entrada de cada subcontrata en obra, pudiendo formar parte de la documentación que se entrega a cada empresa con antelación para programar sus trabajos.

También se pueden utilizar, fuera del ámbito de la obra, para la formación específica de personal para tareas que requieren una determinada cualificación en obra, a través de los simuladores virtuales.

#### Control y registro de la cadena de producción

El control de la producción que realmente se está registrando en la obra y cómo puede afectar al cumplimiento de los hitos contractuales acordados por las partes, también puede ser llevado a cabo en BIM 4D, así como un análisis y simulación de los resultados finales según las tendencias productivas registradas en la obra.

Podemos hacer comparativas entre lo programado y lo realmente ejecutado, verificando posibles desfases e incorporando medidas correctivas a nuestra programación y comprobando qué efecto pueden tener en la productividad de esas tareas y del conjunto de la obra.

### 3. NECESIDADES DE INFORMACIÓN EN LAS LICITACIONES

Tal y como podemos comprobar en el apartado específico de esta Guía dedicado a las licitaciones de proyectos y obras con requisitos BIM, la exigencia de entrega de la programación realizada en BIM 4D, actualmente es pequeña y no muestra señales, de momento, de que se vaya a incrementar la demanda.

El grado de adopción de BIM por el sector privado es disperso y de diferente nivel, siendo las grandes empresas promotoras del país

las más avanzadas en exigir requisitos BIM en sus proyectos.

Las Administraciones y Organismos Públicos apenas han comenzado a intentar adoptar BIM en su funcionamiento, por lo que las licitaciones de proyectos públicos reflejan esa realidad. Excepción cabe en el ámbito de Cataluña, que ya ha dado pasos decididos para exigir BIM en sus licitaciones y proyectos puntuales en otras comunidades autónomas como Andalucía y la Comunitat Valenciana.

#### 3.1. Requerimientos de información habituales

De los pocos ejemplos actuales de licitaciones públicas donde se esté solicitando el requisito de realizar la planificación y programación de obra en BIM, casi todos ellos emanan del organismo Infraestructures.CAT.

En los Pliegos de Prescripciones de estas licitaciones se exige la presentación de lo que denominan un Plan de Trabajos, elaborado por la empresa adjudicataria, que será contractual, que debe ser aprobado por el DEO, y en el que se recogerá la programación de la obra.

Su uso principal será el de modelo 4D-5D, que permita el seguimiento temporal de la obra y establecer los hitos, con sus datos económicos y temporales, que se incorporarán al contrato de adjudicación de obra como referencia de la producción mínima esperada.

Junto con los archivos nativos de la aplicación TCQ-2000 del ITeC (<https://itec.es/programas/tcq/>), solicitan la entrega de la memoria justificativa de la elaboración de la red de precedencias de las tareas programadas, el camino crítico, holguras e hitos. También se solicita el calendario real de la programación, con festivos y acorde a la normativa vigente

en cuanto a calendario laboral, actualizable a partir de la fecha real de inicio de obra con la firma del Acta de Inicio y Replanteo. Además, se solicita la programación de certificaciones de obra los días 15 y final de mes, con sus correspondientes cuantías previstas.

También se estipulan una serie de requisitos y recomendaciones para la elaboración de la planificación CPM-PERT, su programación y control durante la ejecución.

Exceptuando estos ejemplos mencionados, solo en algunas licitaciones actuales la programación de obra BIM 4D se ofrece, por parte de las empresas licitadoras, como una mejora técnica, sin que haya un requisito específico para ello.

### 3.2. Requerimientos de información recomendados

A medida que la madurez BIM vaya avanzando en las Administraciones y Organismos Públicos, cabe esperar que los requisitos BIM 4D y 5D vayan apareciendo en los pliegos de prescripciones y, poco a poco, se vayan concretando con mayor rigor y especificidad los entregables y usos que se desean llevar a cabo con estos modelos.

Los aspectos que una licitación pública, con requisitos BIM, debería contener para poder acotar el alcance del trabajo y resultados esperados de la gestión BIM de la ejecución, serían:

1. Información previa de partida: modelo BIM 3D de trabajo, Plan de Ejecución BIM (BEP) y acceso al repositorio de información del proyecto.
2. Alcance en el uso pretendido del modelo BIM 4D: qué se desea hacer y/o conseguir con la elaboración y mantenimiento del modelo 4D a lo largo de la obra.
3. Nivel de desarrollo de la propuesta: Se debería acotar cuál es el nivel de desarro-

llo de la programación a presentar en la licitación y cuál será el nivel que se deberá alcanzar en las distintas fases de obra, una vez iniciada la ejecución, así como establecer los períodos de revisión y la antelación con la que se deberá preparar la programación en detalle.

4. Designación del personal responsable de la elaboración, validación y seguimiento del modelo 4D:
  - a. Lo habitual es que en el pliego se estipule que toda empresa que desee presentarse a la licitación deberá aportar su programación 4D como parte de la plica, realizada por sus propios medios, con el nivel de desarrollo que se establezca.
  - b. Esta programación será evaluada en el baremo de la licitación.
  - c. La empresa finalmente adjudicataria deberá consensuar con el DEO la programación que figurará en el contrato de adjudicación de la obra. El DEO es el agente que debe de validar la viabilidad del programa y su ajuste a los requerimientos del cliente.
  - d. El pliego también debe estipular de quién será responsabilidad el mantenimiento a lo largo de la obra del modelo 4D, actualizando los datos de producción, rendimientos, desviaciones, etc. y de gestión económica. Debe establecer quién y cómo se realizará la validación de la información entregada.
5. Formato de los entregables para la licitación y certificaciones de obra: Es fundamental establecer cómo se va a producir el intercambio y entrega de la información digital para su revisión y validación. Una Administración u Organismo Público no debería exigir un formato nativo determinado, puesto que este requisito entraría en contradicción con la libre concurrencia de marcas. Debería propiciarse la entrega en formatos Open BIM, para que la interoperabilidad e intercambio de la informa-

ción sea posible. Además de un formato abierto de entregable, se podría exigir la entrega de archivos nativos de una determinada aplicación, pero como una opción añadida y no en exclusiva. Junto con la documentación BIM, se debería exigir la entrega de la memoria donde se ha elaborado toda la planificación de la obra, con la red de precedencias y método CPM-PERT, el histograma de cargas previsto y los recursos que aportará la empresa adjudicataria a la obra.

6. En caso de que la toma de datos en el avance de la obra se requiera realizarlo por medios digitales (escaneo 3D, uso de drones, etc.), deberá quedar especificado en el pliego de prescripciones de la licitación, así como quién asumirá el coste de dicha toma de datos periódica. Este último detalle es importante porque también puede establecer la propiedad de la información conseguida y almacenada por estos medios y los derechos de uso de la misma.

#### 4. RESPUESTA A LAS NECESIDADES DE INFORMACIÓN CON METODOLOGÍA BIM

La transición tecnológica hacia la Construcción 4.0 ha empezado. BIM es su punta de lanza. Y la combinación de BIM con otras tecnologías y filosofías de trabajo, nos conducen, inexorablemente, a un cambio de paradigma de la industria de la construcción tal y como la conocemos hoy en día (y, todo sea dicho de paso, tal y como está regulada hoy en día)

Dicen los expertos que los oficios y profesiones que más se demandarán en los próximos años, aún no se conocen a día de hoy. Y, por ende, muchas de las profesiones de hoy en día, habrán desaparecido en unos años.

La profesión de Arquitecto Técnico ha evolucionado a lo largo de su historia al compás

de cómo lo ha hecho la Construcción. Sin embargo, la revolución actual parece más un salto al vacío que una nueva adaptación. Y, de hecho, se podría decir que así es. Porque BIM no es el fin sino el medio por el que nos adentramos en un cambio de filosofía y, con ella, de metodología de trabajo. El proceso de transformación no está orientado a un mero cambio de herramientas de trabajo. Este cambio requiere una nueva mentalidad, un nuevo método de trabajo alejado del tradicional que hemos seguido hasta ahora.

Conceptos como BIM, Internet de las Cosas, Inteligencia Artificial, Blockchain, Impresión 3D, Cloud Computing, Digital Twin, Realidad Mixta-Aumentada-Virtual, etc. empezarán a formar parte de nuestro vocabulario profesional. Y el salto de mentalidad y adaptación tecnológica que requieren, parece ahora mismo lejano y poco probable. Sin embargo, antes de lo que podamos creer, estaremos inmersos en esa transformación para la que, o estamos preparados como profesión o dejaremos de ser una pieza fundamental del nuevo escenario.

Los profesionales de la Arquitectura Técnica fuimos de los primeros en interesarnos por BIM cuando llegaron noticias de su desarrollo. No es de extrañar. Como gestores/coordinadores de proyectos y como responsables de la ejecución de obra, vimos de inmediato las posibilidades de mejora que nos podía aportar en nuestras actuaciones profesionales. Hemos encabezado el proceso de adopción de BIM y colaborado en su difusión y conocimiento. Porque lo miremos por donde lo miremos, BIM está vertebrando nuestra participación en distintas disciplinas dentro del proceso de elaboración de los contenidos del proyecto, nos proporciona información significativa para reducir el grado de incertidumbre con el que afrontamos la ejecución de

obra y ha puesto en valor nuestra actuación profesional frente a otros agentes del proceso constructivo.

Analizaremos a continuación cuáles son los retos que tenemos los Arquitectos Técnicos para liderar la transformación digital, centrándonos en la disciplina de la planificación, programación y control de obra.

### Formación y práctica en entornos BIM

La metodología BIM no es fácil de aprender. No tanto por la complejidad de sus procesos (que también influye) sino, más bien, porque nos empeñamos en aprender a usar sus herramientas para intentar adaptarlas a nuestros procedimientos de trabajo convencionales. Y, claro, llega un momento en que se produce el conflicto entre el resultado que queremos obtener de inmediato y el flujo de trabajo que requiere BIM. Se llama resistencia al cambio. Salir de nuestra zona de confort. Y todos hemos pasado por ese mismo proceso. Trabajar en un entorno BIM genera una caída en nuestra productividad en los primeros proyectos donde lo usamos. Tiene su lógica: estamos modificando un proceso productivo que tenemos inculcado y aplicamos automáticamente en cada nuevo proyecto en el que participamos. La introducción de cambios significativos, de calado, en los procesos de producción, sabemos que generan pérdidas de productividad mientras nos adaptamos y afinamos los procedimientos y condiciones de desarrollo dentro del nuevo método. El trabajo en entornos BIM demuestra que, una vez que nos habituamos a las nuevas condiciones y requisitos de trabajo, empezamos a ser más productivos que con el anterior método.

La estrategia de formación en BIM que debe seguir un Arquitecto Técnico depende directamente de los ámbitos donde desarrolla su actividad profesional.

¿Se puede ser especialista en el manejo de herramientas BIM 4D sin saber modelar en un programa de autoría BIM? La respuesta, a priori, es que sí, se puede ser especialista en BIM 4D sin haber pasado un proceso de aprendizaje de modelado de la información en un proyecto. Al fin y al cabo, las competencias y habilidades que un profesional especialista en planificación, programación y control de la ejecución de una obra son:

1. Lo primero y principal: saber de construcción, de procesos constructivos y de recursos para llevarlos a cabo.
2. Tener la capacidad de gestionar proyectos con recursos, plazo y presupuesto limitados. Saber organizar tareas, ordenarlas cronológicamente y conocer las dependencias entre ellas, así como los plazos y holguras internas de cada una de ellas.
3. Tener una aguda capacidad de visión espacial para analizar el diseño organizacional realizado y detectar posibles conflictos.
4. Por último, es deseable que sepa utilizar alguno de los programas informáticos específicos o generalistas que existen en el mercado para plasmar la planificación y programación de obra.

Por tanto, a estos cuatro requisitos fundamentales, ahora habría que añadirle un quinto: el conocimiento y manejo de un software BIM 4D.

Sin embargo, es deseable y recomendable adquirir conocimientos básicos en modelado BIM arquitectónico/constructivo además de la especialidad en 4D, sobre todo para poder preparar el modelo 3D en sus partes y fases de ejecución con el fin de organizar la cronología de las tareas a ejecutar con cada unidad de obra proyectada. Además, tener conocimientos sobre el proceso de creación y almacenamiento de la información de un

proyecto, tanto la previa a nuestra intervención como la que volcaremos con el resultado de nuestro trabajo, nos permite comprender y controlar mejor el flujo de información y de trabajo en el entorno colaborativo.

#### Mapa de software BIM 4D. Interoperabilidad

En el punto 2.1.2 ya hemos hecho un breve repaso por algunos ejemplos de aplicaciones BIM 4D. Por supuesto, no son las únicas disponibles en el mercado. Tampoco son, necesariamente, las mejores en su segmento. Pero si podemos afirmar que son las más utilizadas entre los profesionales dedicados a la planificación, programación y control de ejecución de obras.

Si nos estamos planteando iniciarnos en BIM 4D, ¿cuál sería la aplicación a elegir? La respuesta es rápida: la que mejor se adapte al uso que queremos hacer de ella, a nuestra economía y a la infraestructura informática de que disponemos o vamos a disponer.

Elegir una determinada marca de software BIM 4D no nos ata necesariamente a esa marca comercial para siempre. Los principios básicos del funcionamiento de un software 4D son similares en todos ellos. Algunos presentarán funciones y posibilidades ampliadas y otros, lo básico para programar, pero el fundamento del trabajo es saber hacer una planificación, una programación y llevar el control de la ejecución.

Podríamos hacer una analogía entre el software BIM 4D y los programas informáticos de mediciones y presupuesto: los Arquitectos Técnicos que colaboramos con varios despachos de servicios de arquitectura, arquitectura técnica y construcción, podemos necesitar trabajar con distintos programas de mediciones y presupuestos en función de para quién estemos haciendo el trabajo y de

qué licencia disponga. Cada uno de estos programas (Presto, Arquímedes, Gest, etc.) tiene sus propias funcionalidades y módulos que podemos personalizar y utilizar según el libro de estilo de nuestro cliente. O también podemos tener la licencia de un único software que creemos más adecuado para nosotros y exportar a *bc3* el resultado de nuestras mediciones y presupuesto, para que nuestro cliente lo maquete y le dé formato en su propia aplicación. En cualquiera de los casos, los principios fundamentales de la introducción de las mediciones, enlace con una base de precios para selección de la descripción paramétrica de la partida de obra y su precio unitario y la obtención del resumen por capítulos del presupuesto, son comunes a todas estas aplicaciones y, conocido el funcionamiento de una de ellas, nos costaría poco familiarizarnos con la interfaz y flujo de trabajo en otra.

Pues algo similar sucede con el software BIM 4D: cambiará la interfaz del programa, tal vez tengan un flujo de trabajo diferente para gestionar la información de partida y preparar el modelo para la programación, diferentes opciones y funcionalidades, pero básicamente todas necesitan de la asociación entre elementos del modelo 3D y sus tiempos de programación y dependencias. El cómo se realice esta asociación y las posibilidades que presenten de actualización y extensión de agrupaciones, serán genéricas dentro del flujo de trabajo BIM o específicas para cada aplicación, pero conociendo los procedimientos de trabajo y el uso objetivo del modelo 4D, podemos trabajar con la aplicación que creamos más conveniente. Y, por supuesto, siempre podremos preparar nuestros entregables en formato de diagramas de Gantt o ficheros de vídeo, que se pueden visualizar en cualquier reproductor de vídeo, así como en formato IFC o uno específico para visores BIM.

#### 4.1. Búsqueda o generación de contenidos BIM útiles para la simulación y visualización de la programación de obra

Una vez que nos hemos adentrado en la programación de obra en entornos BIM, habrá ocasiones en las que necesitaremos programar fases o partes de la obra con un nivel de detalle y desarrollo máximo, incluyendo maquinaria pesada, medios auxiliares y todo tipo de elementos temporales presentes en la obra y que, habitualmente, no se modelan en los modelos 3D del proyecto. (Figura 5)

Esos objetos 3D se pueden incorporar en nuestra programación dentro del software BIM 4D aunque no estén en el modelo 3D. Para poder utilizarlos tenemos varias opciones, en función de lo que queramos hacer con ellos:

1. Si deseamos utilizar objetos comerciales, existentes en el mercado y que puedan configurarse, mediante parametrización, todas sus características definitorias, podemos acudir a Internet

para poder conseguirlos. Estos objetos se caracterizan porque responden a las características que tienen sus equivalentes reales en dimensiones y comportamiento:

- a. Acudiendo a la página web del fabricante, donde cada vez más empresas ponen a disposición de los técnicos sus productos como objetos BIM gratuitos.
  - b. Acudiendo a repositorios comerciales de productos de construcción, donde podemos encontrar multitud y gran diversidad de objetos BIM paramétricos para su utilización en nuestros modelos de forma gratuita.
2. Si no encontramos el equipo o medio auxiliar ya modelado y parametrizado en Internet, podemos crearlos nosotros mismos con programas de modelado BIM, introduciendo los parámetros que nos interese personalizar en su utilización. Podemos elegir el nivel de desarrollo con el que queremos definir nuestros objetos BIM.
  3. Puede suceder que no sea estrictamente necesario que el objeto sea paramé-



Figura 5. Organización de la obra en un modelo 4D. Skanska. 2010

trico y tan solo nos interese un objeto 3D (dotado de animación o no) para representar la posición que tendrá un determinado equipo o medio auxiliar en el tiempo, en cuyo caso podemos acudir a repositorios en Internet de objetos 3D o creárnoslos nosotros con otro tipo de aplicaciones fuera del entorno BIM.

Todos estos objetos BIM y 3D pueden almacenarse en nuestros dispositivos de almacenamiento y ser reutilizados en distintos proyectos.

#### **4.2. Flujos de trabajo. Interdisciplinaridad y colaboración. Requisitos y dependencias**

Los Arquitectos Técnicos, como miembros habituales de equipos de proyecto, estamos acostumbrados a que algunas de las partes de la documentación de proyecto que solemos desarrollar, figuren cronológicamente al final del proceso, por la necesidad de disponer de la mayor parte de la información del proyecto ya definida y, en la medida de lo posible, que no vaya a cambiar. Este es el caso de las mediciones y presupuesto y de la planificación y programación inicial de la obra.

Esta situación provoca que, habitualmente, los plazos que tenemos para el desarrollo de estos apartados sean realmente escasos, puesto que arrastramos los retrasos de todo el proceso de desarrollo y la presión por la fecha final de entrega del proyecto se hace aún mayor en la última etapa.

En los entornos colaborativos BIM, accedemos a la información de forma simultánea al resto de disciplinas, pudiendo tomar y añadir información al proyecto desde su

fase más temprana. Por supuesto, cuanto mayor información vaya teniendo el proyecto y más disciplinas vuelquen sus contenidos, mayor grado de complejidad y de definición tendrá nuestro trabajo en estas áreas.

Los entornos colaborativos BIM propician el trabajo interdisciplinar, esto es, que no solo somos un conjunto de técnicos especialistas en nuestras respectivas disciplinas aportando el contenido de estas en el proyecto (multidisciplinar) sino que participamos e intervenimos en el resto de las disciplinas que requieren de nuestro saber hacer y que afectan a nuestra área de conocimiento (interdisciplinar). No solo hay que saber trabajar en equipo, sino que hay que saber aportar y aprender a recibir conocimientos, sugerencias y críticas desde los otros ámbitos del proyecto. Los equipos colaborativos e interdisciplinares son colegiados, horizontales y muy poco jerárquicos (salvo las instrucciones del BIM Manager que coordina todo el proceso). Todas las disciplinas son igual de importantes y necesarias. Y todas ellas tienen relaciones de dependencia con el resto, por lo que se hace necesaria la colaboración sobre la base de la confianza y la compartición del objetivo único de todo el equipo que es ofrecer el mejor resultado al cliente dentro de las restricciones del proyecto.

Los entornos colaborativos BIM son entornos competenciales, donde la disciplina la asume aquel técnico que es especialista en esa materia y, además, sabe trabajarla con software BIM y en un entorno común de datos e información. No depende tanto de la titulación universitaria que el técnico tenga como de las capacidades y competencias que es capaz de aportar al equipo BIM.

### 4.3. Elaboración de los entregables.

#### Formatos

Como para el resto de documentación del proyecto, será el Plan de Ejecución BIM (BEP) del proyecto el que marque cómo y en qué formato se realizarán las entregas de la planificación y programación de obra, y el BEP de la obra el que indique cómo se realizarán la del control de ejecución.

Como habituales responsables de esta disciplina, podemos recomendar al BIM Manager cuáles deben ser los formatos exigidos que, como hemos visto en las licitaciones donde se solicita, no basta con la calendarización de la programación en un diagrama de Gantt sino que, por norma general, se exige también el entregable del cálculo de la red de precedencias y toda la planificación que fundamenta la programación.

Si, por nuestra función, somos responsables o participamos en el diseño de la licitación, deberíamos solicitar la memoria justificativa que acredita la programación resultante, para evitar programaciones en las que no se tienen en cuenta los recursos finitos del proyecto, las sobreasignaciones y los conflictos entre tareas en localizaciones de obra.

### 4.4. Control de la ejecución.

#### Requisitos, medios y gestión de la información

Durante la fase de ejecución del proyecto, varios son los aspectos a tener en cuenta en el ámbito de la programación de la obra:

1. Establecer la periodicidad de los controles de ejecución para realizar el seguimiento de la programación, comprobar su grado de cumplimiento y la tendencia de productividad.
2. En la matriz de responsabilidades del BEP de obra, designar a los responsables de realizar el control, de validarlo y de introducir la información en el modelo BIM 4D.
3. Si la toma de datos del avance de la obra se considera conveniente realizarlo mediante escaneado 3D y/o con drones, se deberán establecer las condiciones de contratación de estos medios, quién asumirá su coste, a quién se le entregarán los archivos digitales con la información capturada y quién debe alimentar el modelo 4D BIM con esta información. Indicar que, por norma general, quien asume el coste de esta toma de datos, será la propietaria de la información entregada.

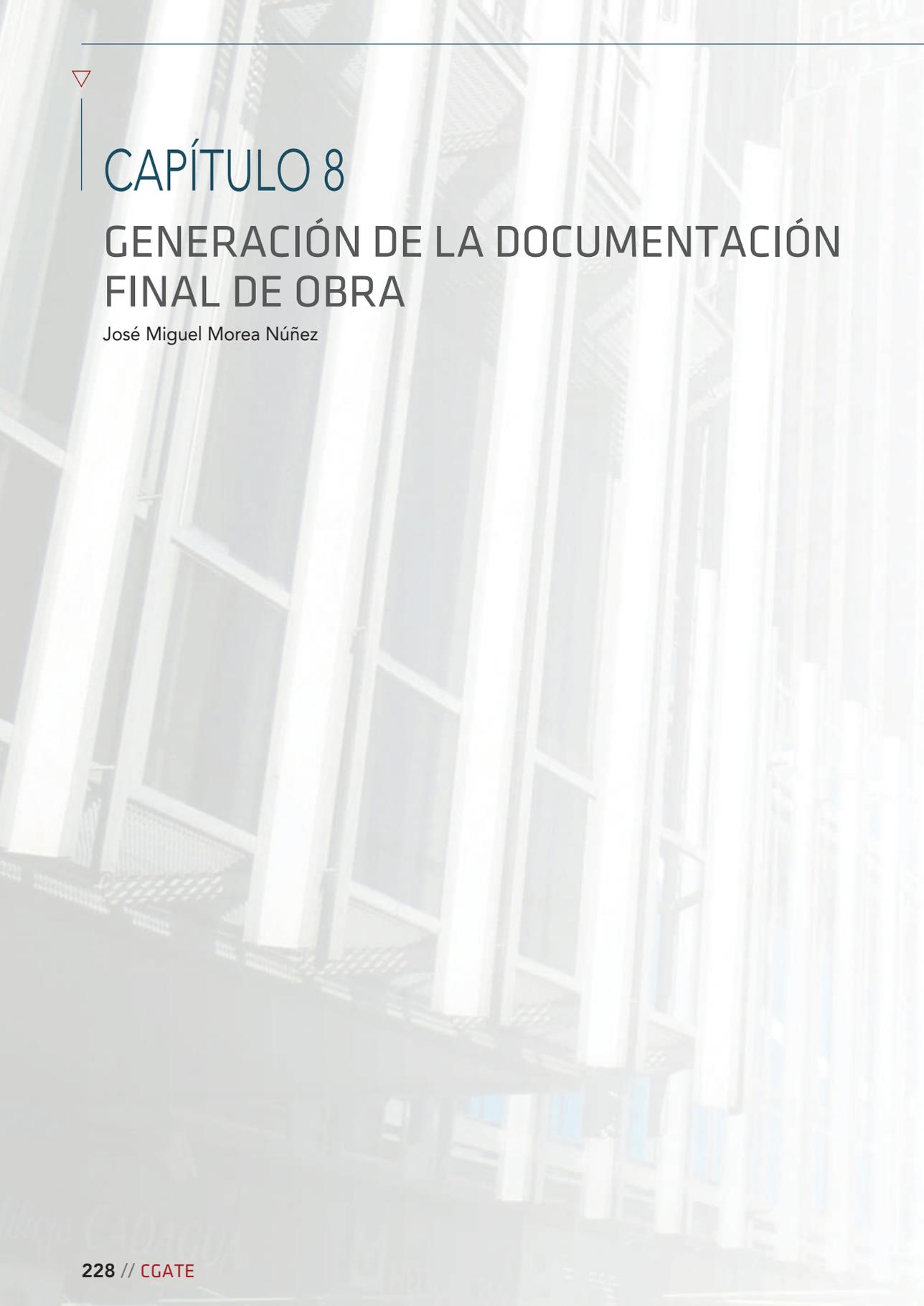
Como último comentario, decir que cuando se realiza una toma de datos del estado de la obra con los medios digitales mencionados, su uso no es exclusivo del control de ejecución, sino que también se pueden utilizar para la elaboración del modelo "as built" del proyecto, para su uso en la fase operativa.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACCA. 2018. «BIM 4D: qué es y cómo se asocia la propiedad "tiempo" a un objeto de un modelo BIM - BibLus». Biblus. 2018. <http://biblus.accasoftware.com/es/BIM-4d-que-es-y-como-se-asocia-la-propiedad-tiempo-a-un-objeto-de-un-modelo-BIM/>.
- Ballard, G., J. Hammond, y R. Nickerson. 2009. «Production Control Principles». En 17th. Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 17), 489-500. Taipei (Taiwan).
- Dirección y Gestión de Proyectos Técnicos - Asignatura Planificación y Programación del Proyecto. 1999.

«TEMA 6 PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO». <http://www.ehu.eus/asignaturasKO/PM/Gestion/6planificacionyprogra.pdf>.

- ITOP - UDC. 2012. «Métodos de Programación». [file:///D:/Descargas/02\\_metodos de programacion\\_12 \(1\).pdf](file:///D:/Descargas/02_metodos%20de%20programacion_12%20(1).pdf).
- Project Management Institute (PMI). 2017. PMBoK - Project Management Book of Knowledge. 6ª.
- Rudeli, N, ; E Viles, J González, y A Santilli. 2018. «Causes of Construction Projects Delays: A qualitative analysis». *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, núm 16.



▼

# CAPÍTULO 8

## GENERACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA

José Miguel Morea Núñez

Habida cuenta de las distintas posiciones del Arquitecto Técnico como agente de la construcción en los procesos edificatorios y de la responsabilidad que este tiene como garante de la documentación que ha de custodiarse y entregarse, durante y al final de dichos procesos, es necesario que nos centremos en dos de las figuras que puede desarrollar en los mismos:

- Proyectista / director de obra
- Dirección de Ejecución de Obra

Hemos unido para la finalidad de este capítulo de la guía la figura del proyectista y la del director de obra pues a efectos de la recepción y entrega de la documentación final de obra ya dice la Ley de Ordenación de la Edificación LOE (Ley 38/1999 de 5 de noviembre) en su artículo 7:

*“Una vez finalizada la obra, el proyecto, con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el director de obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.*

*A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.”*

Y más concretamente en su artículo 12 expresa entre las obligaciones del director de obra:

*“f) Elaborar y suscribir la documentación de la obra ejecutada para entregarla al promotor, con los visados que en su caso fueran preceptivos”*

Y siendo habitualmente el AT director de obra en aquellos procesos en los que ejerce como proyectista, es necesario considerar su responsabilidad en la aportación de la documentación final al promotor.

Por otra parte, la misma ley, en su artículo 13.2, ya indica que el director de ejecución de obra tiene entre otras obligaciones:

*“f) Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado”*

O lo que es lo mismo, le convierte en custodio de la documentación derivada de los controles de obra y responsable de la misma hasta la entrega final al director de obra para que forme parte de la documentación final de la misma.

Desde el punto de vista de los procesos desarrollados con metodología BIM, se hace necesario que el proceso de elaboración, custodia y entrega final de la documenta-

ción se realice apoyándose en los modelos BIM, que permitan el acceso directo desde los mismos a la documentación generada, no solo en cuanto a la actualización del proyecto, sino también en lo tocante a los controles realizados y otros documentos necesarios, para adaptar el acceso y la actualización de los mismos, durante y tras la entrega de la edificación y también para ser utilizada en la vida útil del edificio.

### 1. LA ARQUITECTURA TÉCNICA Y LA DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA

#### 1.1. Como proyectista en proyectos

Si bien el Arquitecto Técnico ha tenido tradicionalmente una función de control de la ejecución del proceso constructivo, no son pocas las ocasiones en las que ejerce, en las obras en las que la LOE nos otorga la competencia, como proyectista y generador en consecuencia del documento inicial y base para la definición y posterior control de la obra.

Es el proyecto el nexo y guion de la documentación que habrá de aportarse, no solo en sí mismo, sino como elemento que define soluciones constructivas, características de materiales, controles a realizar y también instrucciones de uso y/o mantenimiento que habrán de utilizarse a posteriori en el buen manejo de la edificación para su durabilidad en el tiempo.

Es por ello por lo que no solo deberá de aportarse la documentación inicial sino también las modificaciones que durante la ejecución de la obra pudieren realizarse y que con frecuencia consumen una buena cantidad de tiempo en la actualización de planos, pliegos, memorias y otros documentos. Esta tarea tiene la dificultad añadida de mantener las ac-

tualizaciones frecuentes de dicha documentación y no es raro que se llegue al final de los procesos con documentos obsoletos o que simplemente no han sido convenientemente actualizados.

No debemos olvidar que la responsabilidad que adquirimos tiene su respaldo y también su garantía en la documentación que llega a los usuarios finales y que aseguran a ambos, usuarios y resto de agentes, la calidad del producto a los primeros y la defensa de sus obligaciones cumplidas a los segundos.

Es por tanto de vital importancia de cara a futuras posibles reclamaciones el mantenimiento de documentación de proyecto, instrucciones claras de mantenimiento del edificio y otros documentos cuya entrega es preceptiva en nuestro ordenamiento jurídico.

Hasta la llegada de los modelos BIM, el proceso tradicional, cuyo soporte papel ha tenido como única novedad en las últimas décadas la posibilidad de conservar dicho documento en formatos digitales, pero con casi infinitas posibilidades de ordenación, indexación e incluso nomenclaturas, se hace verdaderamente complejo, años después de la finalización de un proceso, encontrar determinado documento que ha sido generado probablemente por otro agente y que con el paso de los años se encuentra mimetizado entre otros cientos o incluso miles de documentos que duermen en carpetas digitales, servidores, discos duros, soportes incluso más antiguos o hasta obsoletos.

Con la llegada de la metodología BIM, es posible el acceso y relación de un elemento del edificio con los documentos que lo afectan, ya sean planos, instrucciones de mantenimiento, fichas técnicas o cualquier otro de una forma más directa, más inme-

diata, mejor ordenada y más accesible no solo a los agentes sino también a los usuarios finales.

Si el Arquitecto Técnico proyectista, director de obra y responsable como tal de entregar en orden la documentación final ha tenido en cuenta la posibilidad de relacionar el modelo y sus elementos con la documentación que se ha ido generando durante el proyecto y sus actualizaciones durante la construcción, tendrá en el modelo BIM, una herramienta de mantenimiento de la documentación además de una puerta de entrada y acceso a la misma que mejorará sin duda el arduo y pesado trabajo de ordenación y mantenimiento de tal cantidad de datos.

En este sentido el proyectista y con frecuencia director de obra, deberá no solo relacionar los elementos del modelo con dichos documentos sino también recabar la documentación de otros agentes como el director de ejecución de obra e incluso el constructor que también será el que con frecuencia aporte o haga de intermediario para la recopilación de información comercial, fichas técnicas, certificados de garantía o incluso fotografías de determinados procesos o estados de la obra.

## **1.2. Como dirección de ejecución de obra durante la obra de construcción**

Dado que ya se ha mencionado en otras partes de la guía que tal y como indica la LOE el Arquitecto Técnico tiene una labor fundamental en la calidad de la edificación, en la fase de obra, es decir, es el responsable de dirigir la ejecución y replanteo de los sistemas constructivos, de la verificación en la recepción de los materiales que entran en la obra, y de ordenar y gestionar los resultados de los ensayos sobre los materiales, también ha de ser el agente que se ocupe de documentar

dichos controles y de custodiar tal documentación hasta el momento de la entrega por parte del director de obra al promotor de la misma.

De tal manera y según lo indicado en cada proyecto en el correspondiente Plan de Control de Calidad tendrá que documentar entre otros:

- Hojas de marcado CE de materiales de obra
- Certificados de productos
- Plan de control de calidad
- Fichas de comprobaciones y puesta en servicio
- Resultados de ensayos
- Lotificación del hormigón
- Etc.

Si el modelo BIM nos permite dotar a los elementos de las propiedades o parámetros pertinentes, parece razonable y recomendable que toda esta documentación e información se consigne en los formatos BIM de forma indirecta proporcionando desde el mismo el acceso a los datos en forma de enlaces o hipervínculos, bien sea redireccionando a alojamientos en la nube o bien a repositorios locales en la correspondiente red local o incluso mediante el alojamiento directo de determinados datos en forma de textos, longitudes, numéricos, etc.

Si el Arquitecto Técnico tiene las necesarias habilidades en cuanto al manejo básico de dichos modelos BIM, podrá dotar al modelo de esa relación con los documentos que habrá de custodiar y/o producir y de mantener el modelo actualizado con dichos enlaces hasta el momento de su entrega con los resultados de su labor de control calidad durante la obra, resultados de ensayos o documentación recopilada, en el transcurso de la obra.

### 1.3. El director de ejecución de obra como centralizador de la obtención de la información de la obra y custodio y recopilador de esta

Es de particular importancia en el encargo del Arquitecto Técnico, no solo la realización de los controles y revisiones oportunas para garantizar la recepción de materiales o la ejecución correcta y acorde al proyecto de las unidades de obra, como la gestión de la documentación de los controles realizados y su custodia hasta el momento final de obra y su entrega al director de la misma para que pueda ser entregado a su vez al promotor.

Particularmente y más allá aún de la entrega que indica la LOE, es importante tener centralizada, controlada, ordenada y localizable dicha documentación que es la base de la comprobación de nuestro trabajo realizado y también, por qué no decirlo, la verificación de la idoneidad del mismo de cara a posibles reclamaciones posteriores.

En este sentido hay que recordar los requerimientos del CTE (Código Técnico de la Edificación) en su Anejo II Documentación del seguimiento de la obra donde indica como documentación obligatoria del seguimiento de la obra:

*“c) el proyecto, sus anejos y modificaciones debidamente autorizados por el director de obra”*

Así como en su punto *II.2. Documentación del control de la obra.*

*“a) el director de la ejecución de la obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que es conforme con lo establecido en el proyecto, sus anejos y modificaciones”*

Lo que nos posiciona durante el proceso de obra en recopilador y custodio de la información mencionada y que deberá formar parte

de la documentación final, en la que parece lógico que si se utilizan modelos BIM para la realización, comprensión, almacenamiento de información y centralización de la misma, exista una comunicación con dicha documentación, bien sea introduciendo datos en el mismo modelo, bien enlazándolos desde el modelo cuando estos requieran un respaldo físico o digital o simplemente requieran un tratamiento diferente en el ánimo de no sobrecargar los modelos con un peso en kilobytes innecesario y no deseable.

## 2. GENERACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA CON METODOLOGÍA BIM

### 2.1. Softwares para el manejo, edición, extracción de información de los modelos BIM y sus enlaces a otros repositorios

Son muchos los softwares que se utilizan en el proceso de un modelo BIM y con seguridad que aún habremos de ver en el mercado un amplio número de softwares que irán apareciendo con la finalidad de servir al modelado de un proyecto con metodología BIM.

Cabe destacar que desde el punto de vista que nos interesa para la adición y consulta de la documentación final de obra podríamos distinguir entre:

- Software y herramientas adicionales a los mismos que nos permitan la introducción o edición de datos o documentos en el modelo.
- Visores y/o herramientas de consulta que dan acceso a los datos, propiedades y parámetros de modelos, además de su geometría y que nos permiten obtener un documento o un acceso al mismo.

En las primeras, generalmente los mismos programas informáticos que se utilizan en el

modelado del proyecto y la gestión de sus modificaciones, el usuario puede introducir datos en forma de geometría, elementos constructivos tridimensionales y también datos asociados a estos últimos, bien sea en forma paramétrica o bien como enlace o vínculo a un repositorio que almacene documentos en cualquier formato digital.

En los segundos, soluciones limitadas a la consulta, el usuario podrá utilizar los modelos como elemento destinado a la lectura tanto de los elementos geométricos (dimensiones, distancias, superficies, etc.) como de los datos de texto, numéricos o de cualquier otra magnitud, así como enlaces a documentos externos.

En este sentido es lógico pensar que el Arquitecto Técnico debe introducirse en la metodología BIM para obtener las capacidades que le permitan desde leer y comprender la estructura de un modelo hasta adicionar datos a un modelo para aprovecharlo en su propio beneficio y en el del proceso general con el resto de los agentes y dotar a dicho modelo de la información necesaria de la que es responsable.

No bastará en consecuencia que como directores de ejecución de obra recibamos el modelo y recopilemos la información a la manera tradicional, parte en papel y parte digitalizada, ni siquiera que toda la información sea digitalizada para su entrega final, sino que además deberemos gestionar su idónea inclusión dentro del modelo eligiendo para ello la forma y herramientas adecuadas que garanticen su consulta posterior.

En este sentido deberemos utilizar los programas que nos permitan no solo la adición de parámetros o propiedades a los elementos, sino un mecanismo de comprobación e

indexación de los mismos que nos ayude a validar y a no cometer olvidos u errores en la información mínima requerida.

## **2.2. Soluciones BIM para el acceso a la información contenida y enlazada en los modelos**

Además de los softwares que nos permitan adicionar y modificar información en el modelo, existen en el mercado soluciones que nos permitirán de forma local o en la nube de forma remota, acceder a la información del modelo. Estas soluciones en forma de servicios web dan respuesta a la necesidad de los equipos de trabajar de forma deslocalizada y acceder al modelo e ir añadiendo propiedades o parámetros entre los que desde luego puede estar la documentación final de obra.

Es por tanto necesario que el Arquitecto técnico adquiera también las competencias necesarias para acceder a la documentación e indexación de la misma en estas herramientas y domine las mismas, siendo capaz de gestionar los permisos de acceso a dicha documentación por parte de los diferentes agentes en función de sus necesidades y del organigrama de participación del proyecto u obra en el que esté inmerso.

## **2.3. El modelo como repositorio y puerta de enlace a información almacenada**

Es evidente que estamos tratando el modelo como el elemento central de acceso a la información, dado que en la metodología BIM, este es uno de los pilares centrales del cambio de paradigma. Se busca la coherencia de la información, la no duplicidad de la misma ni en los diferentes documentos ni dentro de los mismos y la mejor manera de conseguirlo es que no se produzcan traslados manuales de la misma información de manera manual de unos documentos a otros.

Es por ello que dentro del modelo y dado que, como ya se ha mencionado, se pueden incluir informaciones en forma de propiedades geométricas de elementos constructivos 3D, en forma de información de diversos tipos, y en forma de enlaces o vínculos para dar acceso a otros documentos en formatos legibles como el PDF o las páginas web. Se utilizarán esta última opción para poder aprovechar la potencialidad del modelo e incluir toda la información posible en el mismo.

Se trata pues de que en un caso ideal, cuando unos años más tarde, precisemos de acceder o consultar la información del proyecto o la obra, cambiemos la metodología habitual de búsqueda en documentación en papel, de difícil y costosa conservación y mantenimiento, por el uso del modelo y su consulta digital en medios que no se vean perjudicados por el avance y la modificación de los programas digitales nativos, que puedan haber hecho quedarse obsoletas las tecnologías con las que el modelo se creó.

Es por ello que además de conservar los formatos nativos de dichos modelos BIM, es recomendable utilizar formatos que se vean conservados en el tiempo y que sean accesibles desde diversas plataformas y que en el caso del BIM, bien podría ser el formato IFC, un formato de intercambio promovido por la buildingSMART, una organización dirigida al fomento del Open BIM, y que permite la conservación de los datos en un formato legible desde diversos softwares.

### **2.4. Los formatos de ficheros de modeladores BIM y en especial el IFC como estándar abierto y común en los procesos BIM**

Si estás leyendo esta guía y es para ti una introducción al mundo de la metodología BIM, no dejes que te abrumen la inmensa cantidad

de acrónimos. Todo es más fácil de lo que parece.

Todos trabajamos en algún programa informático, ya sea en formatos CAD o BIM, tu programa de CAD favorito tiene su análogo en la metodología BIM. Existen diversos fabricantes, desarrolladores y programas que ofrecen sus soluciones a los profesionales que los requerimos.

Habitualmente cada uno de ellos dispone de un formato con una extensión de archivo diferente y que generalmente solo es abierto desde la aplicación que lo creo, dificultando este extremo la comunicación de la información entre los distintos agentes que deberán disponer de la misma.

Si unimos la necesidad de transmisión de la información entre diferentes formatos de creación que no pueden leerse entre sí por las diferentes plataformas o soluciones de software con la necesidad de que los avances de la tecnología y la consiguientes obsolescencia de los formatos no dejen inservible información que se ha producido tiempo atrás, entenderemos mejor la necesidad de la existencia y utilidad de un formato de intercambio que funcione adecuadamente y en el que podamos confiar como repositorio de la información.

Dicho formato en este momento parece ser el IFC, sin ser óbice para que en el futuro pudieran surgir otros y se conforma como el formato en el que, probablemente además del formato nativo, habrán de guardarse finalmente los modelos con toda la información del modelo que hayamos podido recopilar, bien como propiedades directas de los elementos, bien como enlace de la información de un elemento a un documento externo, PDF, web, etc.

## 2.5. Los procesos y metodología BIM: LOD, BEP, EIR, CDE, etc., para entender los requerimientos en dichos procesos

Para poder entender el funcionamiento de la adición de información en un modelo BIM, quizá sea preciso introducir alguno de los conceptos clave que permitan asimilar el flujo de trabajo y definirlos de forma somera para la comprensión de aquel que se acerca por primera vez a la metodología BIM.

- EIR. Define el conjunto de necesidades del cliente o promotor sobre la información a contener en el modelo BIM, sus usos y objetivos. Debe conformar aquello que debemos garantizar en el modelo BIM, incluida la documentación final de obra que deberá contener o tener enlazada en el modelo.
- BEP o Plan de Ejecución BIM, es el documento previo al proyecto y al modelado que indica qué y cómo habrá de modelarse en el modelo, definiendo también, entre otras cosas, la información que habremos de encontrar en él.
- LOD o nivel de desarrollo o definición del modelo indica el grado de confianza en la información que encontraremos en el modelo en cada una de las fases del mismo, de modo que indica qué información debemos garantizar en el modelo en función del mismo y su grado de certeza.
- CDE o Entorno Común de Datos es el repositorio compartido de datos donde podremos encontrar la documentación digitalizada a utilizar para el desarrollo del proyecto y/o el modelo BIM.

Desde el punto de vista de la introducción de la documentación final de obra estos conceptos son vitales para poder comprender, qué es aquello que debemos incluir, la documentación necesaria en el modelo que definirá el EIR y que sin duda nos afectará en nuestro trabajo como Arquitectos Técnicos en la me-

didada de que deberemos recopilar la información definida e incluirla en el modelo en la forma que sea indicada en el BEP y un con un grado de confianza en la información que definirá el LOD, almacenando dicha información el modelo y poniéndola a disposición del resto de participantes en el correspondiente CDE.

En este sentido el BEP, debe ayudarnos a definir cuál es la información mínima requerida que habremos de introducir en el modelo de cara a una recopilación y entrega de la documentación final de obra que deberá ir enlazada desde el modelo.

## 3. NECESIDADES DE INFORMACIÓN EN LAS LICITACIONES

A día de hoy, no podemos decir que las licitaciones que conocemos hayan incidido en la documentación final de obra y los datos que el modelo BIM tiene que incluir en ellas. Lo cierto es que los requerimientos actuales no han llegado a profundizar en la documentación final, si bien no cabe duda de que en el futuro próximo lo harán.

Es de esperar que la cada vez mayor necesidad de que los modelos tengan la información en la que se apoyen las actividades de gestión y mantenimiento de los edificios, haga que los pliegos de licitación tengan una mayor y más concreta incidencia, no solo en los modelos, su definición geométrica o su necesaria coordinación de disciplinas y dimensional, sino también en la documentación y datos que habrán de contener.

Para analizar aquella documentación que de una forma u otra puede y debe estar referenciada, incluida o vinculada desde los modelos, quizá debamos pensar en los posibles usos que el modelo puede tener, no solo para la definición y construcción del edificio

o instalación, sino, y sobre todo, para su uso, vida útil y necesario mantenimiento.

En particular podemos contemplar los siguientes usos:

- El modelo como acceso a la información histórica y de mantenimiento del edificio.
- Mantenimiento y tareas de Facility Management.
- Modelo como base y punto de partida para futuras obras de reforma o rehabilitación.

**3.1. Información mínima contenida en los modelos.**

Si las licitaciones evolucionan hacia ese modelo que contenga un acceso a la información parece lógico pensar que contengan la obligación de incluir:

- Instrucciones de uso y mantenimiento de todos los elementos que lo requieran, tanto a nivel de materiales como de mecanismos o instalaciones.
- Controles de obra realizados.
- Datos de fabricantes y modelos de los elementos que requieran

- Características técnicas y documentos de garantías, tanto técnicas como comerciales de cara a futuras actuaciones en los edificios.

Toda esta información mínima deberá estar incluida y definirse tanto en el EIR o requerimientos de cliente previos como en el BEP correspondiente a la fase del edificio donde habrán de incluirse.

En este sentido existen apoyos como el estándar internacional COBie para la recopilación de los datos que después habrán de desarrollarse y que ayuda a capturar y registrar datos importantes del proyecto en el punto de origen, incluidas listas de equipos, hojas de datos de productos, garantías, listas de repuestos y programas de mantenimiento preventivo. Esta información es esencial para respaldar las operaciones, el mantenimiento y la gestión de activos una vez que el activo construido está en servicio. Las diferentes plataformas de modelado ofrecen integración de dicho estándar para la inclusión de los datos requeridos en el modelo. (Figura 1)

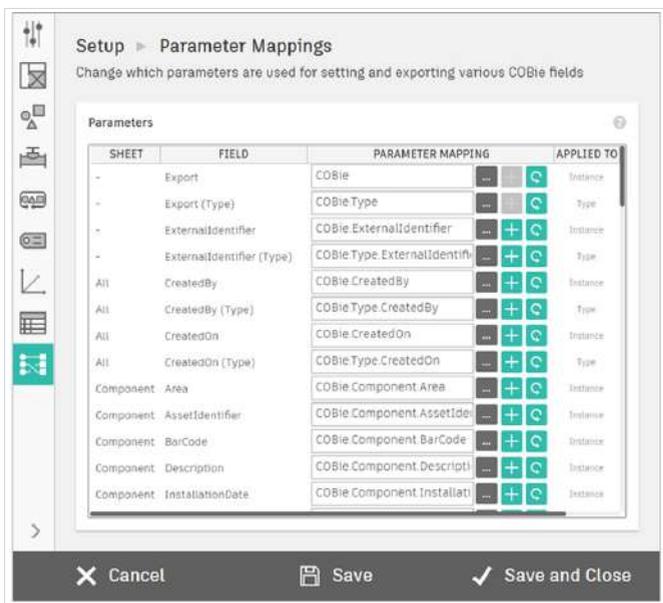


Figura 1. Imagen de una aplicación de apoyo al estándar COBie para Autodesk Revit.

## 4. RESPUESTA A LAS NECESIDADES DE INFORMACIÓN CON METODOLOGÍA BIM

### 4.1. Información que debe contener el modelo BIM de cara a la documentación mínima a aportar por el director de ejecución de obra

Una vez que el BEP haya definido la información mínima que el modelo haya de contener, habrá de definirse quién y cómo deberá aportar y quien deberá añadir y en que formato la documentación a dicho modelo.

En este sentido es especialmente importante que se defina previamente el agente o agentes que habrán de acceder a la edición del mismo, el software o softwares con los que se accederá al mismo y se editará para adicionar los datos necesarios y en qué formato habrá de mantenerse y posteriormente comunicarse el modelo una vez terminada la obra y la recopilación e inclusión en el modelo de la documentación final de esta.

Tal y como se dice en el Cuaderno Técnico 9 del COAATM de Madrid (Miguel Morea y José Manuel Zaragoza)

*“...siempre será más sencillo incorporar estos documentos digitalmente durante el propio avance de la obra, que, una vez acabada la obra en la fase de entrega, que ya de por sí es un momento de mucho trabajo con la fatiga de proyecto a las espaldas que supone tanto para la Dirección Facultativa como para la Constructora todo el proceso, crear una copia digital de la vasta documentación que requiere un proyecto “as built”.*

*Para la constructora es una tarea obligatoria e incómoda que no le reporta ingresos directos, como pueda ser una unidad de obra, y*

*para la DF en muchos casos es una tarea para lo cual no se han previsto recursos.*

*Por eso es más útil realizar dicha recopilación y digitalización durante la marcha de la obra y el seguimiento por parte de la Dirección Facultativa.*

*Será labor del gestor de mantenimiento guardar y ordenar en su sistema o red los documentos, crear los parámetros correspondientes:*

- *Instrucciones de uso*
- *Garantías*
- *Puesta en marcha*
- *Instrucciones de mantenimiento*

*y rellenar dichos parámetros con las rutas absolutas a sus sistema o red que lean los documentos digitalizados.”*

### 4.2. Tipos de datos dentro del modelo

Habitualmente en los procesos no BIM, los datos se introducen en forma de parámetros o propiedades asociadas a cada uno de los elementos del mismo.

De esta forma y por poner un ejemplo, un pilar puede tener parámetros de distintos tipos, algunos de ellos sirven para identificarlo por ejemplo como el ubicado en los ejes A1, materializándose en parámetros de texto. También tendrá una carga que soporta en toneladas o un momento en toneladas por metro, además de una longitud en metros y puede estar asociado a una lotificación de ensayos de hormigón, que documentaremos en un documento externo en PDF, y que se identificará con una resistencia a compresión en Kg/cm<sup>2</sup>.

Vemos que las propiedades pueden tener diversos tipos de magnitudes o formas de almacenamiento y que en cada caso pueden

llegar a tener unidades físicas, térmicas u otras en ese almacenamiento.

Es importante que sepamos qué tipo de propiedad debemos tener implementada en el modelo y la manera de incluirla según la plataforma. Habitualmente todos los programas de modelado y acceso a los modelos nos deberán permitir la inclusión de nuevas propiedades para cada elemento del modelo y en el formato y magnitudes que nosotros deseemos para darle los valores oportunos en cada proyecto e incluirlo así en la documentación final de obra.

Además de las propiedades que podemos incluir para tener acceso directo desde el modelo, es posible incluir datos de vínculos o enlaces externos a un servidor, página web o repositorio externo para ser consultados desde los modelos, ya sea en el programa modelador original o bien desde alguna de las plataformas o soluciones de visualización del mismo, en formato nativo o en formato de intercambio como el IFC. (Figura 2)

Habitualmente los datos que utilizaremos en el modelo serán de tipo texto o número, mientras que los datos de hipervínculos enlazarán a un documento de texto, imagen, PDF u otro formato digital en la nube, o incluso a una página web.

En este sentido es recomendable que aquella información procedente de proveedores y fabricantes esté enlazada, no a las páginas web o repositorio del que no tengamos el control, pues este puede modificarse en el tiempo, sino a aquellos dominios o lugares web que estén bajo nuestro manejo, para poder hacer que la información sea mantenible en el tiempo y los enlaces a la misma no se pierdan.

Hay que decir que, si bien es una práctica recomendable, esto no excluye que determinada documentación original deba conservarse con firmas originales en papel por cuestiones legales. Es previsible que el proceso de la verificación de la información cambie en los próximos tiempos de forma importante y las firmas y certificados digitales pasen a sustituir completamente una rúbrica manuscrita de difícil verificación real, por lo que esta circunstancia puede que cambie y podamos utilizar el modelo como enlace a documentación verificada y válida legalmente con los correspondientes certificados digitales oportunos.

**4.2.1. Información de controles realizados durante la obra**

Si tradicionalmente los controles a realizar en la obra los hemos documentado en formatos propios, hojas de cálculo, documentos rellenos a mano y después escaneados,

Documento o información	Fase vida edificio	Agente Arquitecto Técnico	Formato de la información	Dato en el modelo	Enlace o vínculo externo
Plan de control de calidad	Proyecto	Proyectista/DEO	Pdf o doc web		●
Recepción de materiales			Pdf o doc web		●
Hojas de marcado CE de mat de obra	Ejecución obra	DEO	Pdf o doc web		●
Resultado de ensayos (Ej. Hormigón)			Propiedad/Pdf o doc web	●	●
Datos de fabricantes, suministradores o industriales			Texto/Vínculo	●	●
Certificados de productos	Ejecución obra	JO/DEO	Pdf o doc web		●
Fichas de comprobación y puesta en servicio			Pdf o doc web		●
Ficha técnica			Pdf o doc web		●
<b>Repasos o reservas finales de obra</b>					
Elementos con repasos o reservas pdtes	Ejecución obra	JO/DEO	Texto	●	
Descripción de la reserva			Texto	●	
<b>Instrucciones mantenimiento de elementos mecánicos</b>					
Periodo de revisiones o fecha de próxima revisión	Mantenimiento	FM	Texto	●	●
Resultado de las revisiones			Listado datos periodicos	●	●
Datos de empresas mantenedoras			Texto	●	●

Figura 2. Tabla de posibles formatos de datos a incluir en el modelo o como vínculo externo. Elaboración propia.

etc., una vez que consideramos el modelo BIM como repositorio habremos de acceder a una versión editable del mismo para poder documentar dichos controles y adicionarlos a la información del modelo.

Si conseguimos que cada documento, ficha, revisión o reserva quede documentada en un solo lugar, el modelo, que es la centralización y punto de partida de toda la documentación o dato, podremos utilizar el modelo BIM como índice de los datos y será la garantía, por ejemplo para un Arquitecto Técnico en la función de DEO de poder localizar de forma rápida, documentación años después de su generación, con el consiguiente riesgo de que, mediante los métodos tradicionales de almacenaje y archivo, puedan haberse extraviado o corrompido.

De tal forma, el objetivo final sería que el agente que, años más tarde, busque los controles realizados en un proceso de obra, solo tenga que abrir el modelo desde un visualizador concreto y pueda acceder desde el mismo a cualquier dato o documento que

podiera necesitar, bien de manera directa, bien como enlace externo. (Figura 3)

Si los controles realizados durante la obra han ido documentándose en forma de fichas como sería recomendable y contienen distintos datos para los distintos elementos o unidades de obra tales como la fecha de control, las observaciones o si es válido o no según el control, traza de los controles no válidos y su posterior validación, históricos, etc., lo normal es que dichos controles se adjunten al modelo como enlace externo con un repositorio web que los almacene.

Estas fichas pueden estar diversos formatos, XLS, PDF, etc., aunque si finalmente habrán de firmarse, lo ideal es que el resultado final que pasará a formar parte de la documentación final de obra esté en formato PDF con las firmas pertinentes.

En la siguiente imagen podemos ver un ejemplo de datos de resultado de controles realizados, que podrán, a criterio del agente que maneje el modelo estar dentro del mismo en

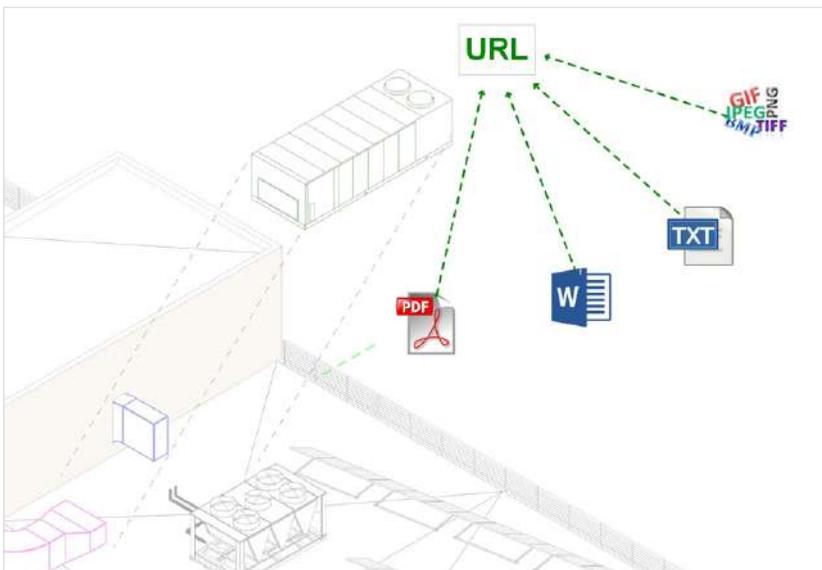


Figura 3. Posibles formatos de datos externos enlazados desde el modelo. Imagen Cuaderno Técnico 9. BIM EN EDIFICIOS EXISTENTES. COATM.

forma de datos o estar enlazados desde los elementos en forma de vínculos. (Figura 4)

Algunos de estos controles son aportados por el DEO y otros por el jefe de obra (JO) o el representante de la constructora. Es preciso que de manera previa se defina no solo quien aportará qué documentos, sino también la forma y formato en el que lo aportará al agente que lo incluirá en el modelo BIM, ya sea en forma de dato integrado en el modelo o bien sea en forma de enlace externo.

**4.2.2. Información de materiales utilizados**

De la misma forma, podemos incluir en el modelo diversos datos de los materiales utilizados que pueden ser interesantes de cara al mantenimiento futuro o simplemente obligatorios para documentar el registro de los controles en su recepción que el Arquitecto Técnico en sus funciones de JO o DEO debe realizar.

A modo de ejemplo es posible enlazar un PDF con el documento de marcado CE de un

material o producto en el propio modelo para su acceso vía web, simplemente seleccionando el elemento o haciendo una lista, tabla o informe según los softwares utilizados para mantener actualizado el listado de todos los marcados CE recopilados y asociarlos a cada material o producto relacionado. (Figura 5)

**4.2.3. Información de fichas técnicas, DIT, instrucciones de uso y otras informaciones necesarias**

Es posible la adición mediante enlaces externos de todo tipo de documentos, tales como fichas técnicas, DIT, instrucciones de uso y otras informaciones necesarias.

Si el BEP lo recoge como preceptivo o simplemente porque el Arquitecto Técnico pueda y quiera utilizar el modelo como centralización de su información es posible adicionar dicha documentación e incluirla en modo de enlaces externos, ya que sería inviable y poco recomendable hacerlo de otra manera dentro del modelo. De tal forma podremos utilizar el mismo BEP y el modelo como índice de la

UNIDAD DE OBRA	Revisado por	Requerimientos	Válido	Fecha	Observaciones
<b>SANEAMIENTO</b>					
Comprobación de la pdte		Mayor 2%	<input type="checkbox"/>		
Comprobación de secciones.		Acorde a proyecto	<input type="checkbox"/>		
Prueba de estanqueidad		24 horas sin perdidas	<input type="checkbox"/>		

Figura 4. Control de ejecución de obra. Ficha elaboración de Fuente Morea y Zaragoza Arq y Téc S.L.

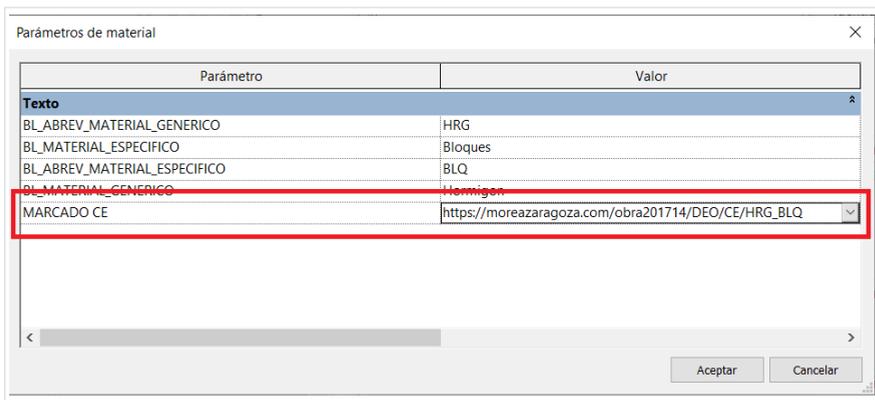


Figura 5. Ejemplo de enlace de PDF con Marcado CE en un material de un modelo BIM. Fuente Morea y Zaragoza Arq y Téc S.L.

documentación añadida e incluso apoyarnos en aplicaciones que nos permitan comprobar que toda la documentación necesaria está correctamente añadida. (Figura 6)

#### 4.2.4. Las instrucciones de uso y mantenimiento. Importancia en el trabajo y la responsabilidad posterior del AT y su acceso desde el modelo

En el sentido de lo ya mencionado, consideramos como de especial interés dejar patente en el modelo el acceso a las instrucciones de uso y mantenimiento de los elementos del edificio.

No son pocas las ocasiones en la que por falta de mantenimiento, los elementos constructivos entran en un deterioro progresivo que desembocan en reclamaciones a los técnicos participantes y donde difícilmente podremos demostrar que dicho deterioro no es culpa del trabajo de control y supervisión de obra realizados o de una mala puesta en obra de materiales y equipos si no hemos dejado claro en la documentación final de obra la necesidad en tiempo y forma de revisión, mantenimiento y documentación de cada elemento.

Es por ello que dicha documentación esencial ha de dejarse siempre de forma clara y por su pues-

to si el modelo BIM es el medio elegido para la centralización de la misma, cada elemento que lo requiera ha de tener unas claras instrucciones de cómo y cuándo han de realizarse los controles para conservar la construcción a punto de uso.

Si tenemos un cuadro definido con los elementos que principalmente habrán de requerir la inclusión o enlace de dichas instrucciones mejoraremos:

- La posibilidad de olvidos y faltas de instrucciones.
- El número de elementos sin documentación asociada.
- La ausencia del documento o la pérdida del mismo. (Figura 7)

### 4.3. Como dirección de ejecución de obra (DEO)

#### 4.3.1. Documentación del control de calidad: información gráfica, no gráfica y fichas en modelos.

Es importante además tener en cuenta que no hay que desdeñar la información gráfica que podemos tener en el modelo, ya que, mediante el uso de herramientas de modelado, podemos tener una idea gráfica clara de aquellos elementos que ya tienen la docu-

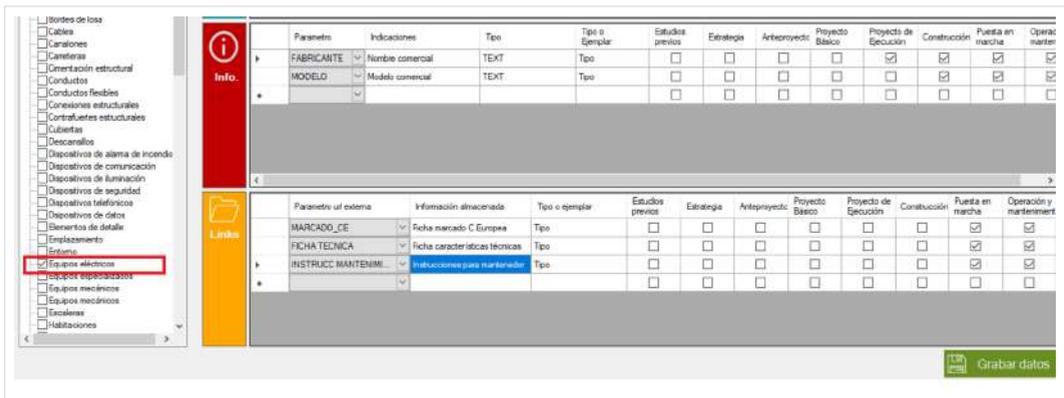


Figura 6. Aplicación Nomenclator Manager para el control de parámetros a incluir en el modelo BIM, tanto de información como de enlace externo. Elaboración Morea y Zaragoza Arquitectura y Técnica S.L.

<DOCUMENTACION FINAL DE OBRA>			
A	B	C	D
Categoría	Tipo	Ficha técnica	FichaTecnicaURL
Aparatos sanitarios	650 x 510mm	<input checked="" type="checkbox"/>	
Aparatos sanitarios	700 x 370 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="https://moreazaragoza.com/OBRA201721/DocFinalObra/EquipEsp">https://moreazaragoza.com/OBRA201721/DocFinalObra/EquipEsp</a>
Aparatos sanitarios	1000x1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="https://moreazaragoza.com/OBRA201721/DocFinalObra/EquipEsp">https://moreazaragoza.com/OBRA201721/DocFinalObra/EquipEsp</a>
Aparatos sanitarios	Grifería	<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="https://moreazaragoza.com/OBRA201721/DocFinalObra/EquipEsp">https://moreazaragoza.com/OBRA201721/DocFinalObra/EquipEsp</a>
Equipos especializados	600 x 600mm	<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="https://moreazaragoza.com/OBRA201721/DocFinalObra/EquipEsp">https://moreazaragoza.com/OBRA201721/DocFinalObra/EquipEsp</a>
Equipos especializados	DEPOSITO DE GASOLEO	<input type="checkbox"/>	

Figura 7. Lista o tabla de direcciones o vínculos a fichas técnicas para control y revisión de la documentación. Elaboración Morea y Zaragoza Arquitectura y Técnica S.L.

mentación, los datos etc. adicionados al modelo o lo que es lo mismo, poder ver en una ventana gráfica aquellos elementos con datos que podremos después consultar. (Figura 8)

Luego no se trata solo de que una licitación nos lo exija, sino de que el modelo BIM, bien tratado es una herramienta de mejora de los procesos que los Arquitectos Técnicos ya hacemos tradicionalmente con otras metodologías, pero mejorando la fiabilidad y la coherencia, además de poder mejorar el tiempo que le dedicamos a tareas tediosas y comprometidas como son la recopilación de la información.

Este hecho, que pudiera parecer baladí, es muy importante debido a una de las dificulta-

des que más nos encontramos y es que la mayor parte de la documentación que debemos recopilar, dependen de otros agentes, lo que hace que pueda convertirse en una tarea difícil de seguir y con una trazabilidad y actualización complicada y que necesitemos de herramientas más allá de una simple hoja de cálculo.

**4.3.2. El modelo como repositorio único de información**

Una vez utilizada la parte gráfica como elemento de control, podremos usar el modelo, como ya se ha mencionado anteriormente como almacén o archivo o referencias para encontrar la diversa documentación del proyecto en el modelo, y esta irá desde los datos generales de los participantes en el mismo, en forma de pro-

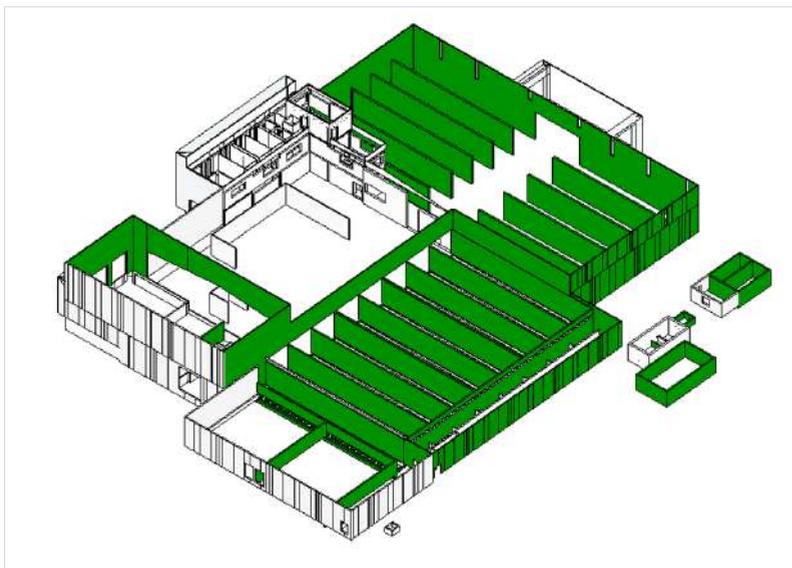


Figura 8. Elementos filtrados según los distintos estados de control y chequeo de la documentación representando cada estado con diferentes colores. Elaboración Morea y Zaragoza Arquitectura y Técnica S.L.

piedades generales del proyecto o información del mismo hasta la información de controles y mantenimientos final, pudiendo resumirla en:

- Información de recepción de materiales.
- Documentos técnicos, fichas de idoneidad o ensayos genéricos de los elementos y materiales.
- Fichas de validación y/o cumplimiento de normativa mínima requerida.
- Marcados comunitarios o CE
- Checklist o verificaciones de puesta en obra.
- Validaciones de partidas o unidades de obra controladas estadísticamente
- Resultados de controles y/o ensayos realizados durante la obra.
- Plan de calidad de proyecto aprobado.
- Resultado de las pruebas de servicio y puesta en marcha realizadas.
- Listado de reservas iniciales y su trazabilidad hasta la validación de estas.
- Garantías definitivas.
- Instrucciones de uso y mantenimiento de los elementos.
- Plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo según proceda.
- Documentación para Facility Management (Cobie)
- Histórico de las acciones resultantes del plan de mantenimiento para trazabilidad y mejora continua.

#### 4.4. Conclusiones

Si bien existe la idea de que el modelo BIM es el resultado de un proceso de proyecto cuya base se puede encontrar en la geometría 3D y la información de la que se puede dotar a cada elemento del mismo en fases de diseño e incluso de ejecución, puede y debe, ser también un elemento de registro de información y documentación final de obra de enorme utilidad en el trabajo del Arquitecto Técnico, que puede encontrar en el modelo una centralización del acceso a la información y una forma de indexarla y controlar su cumplimentación.

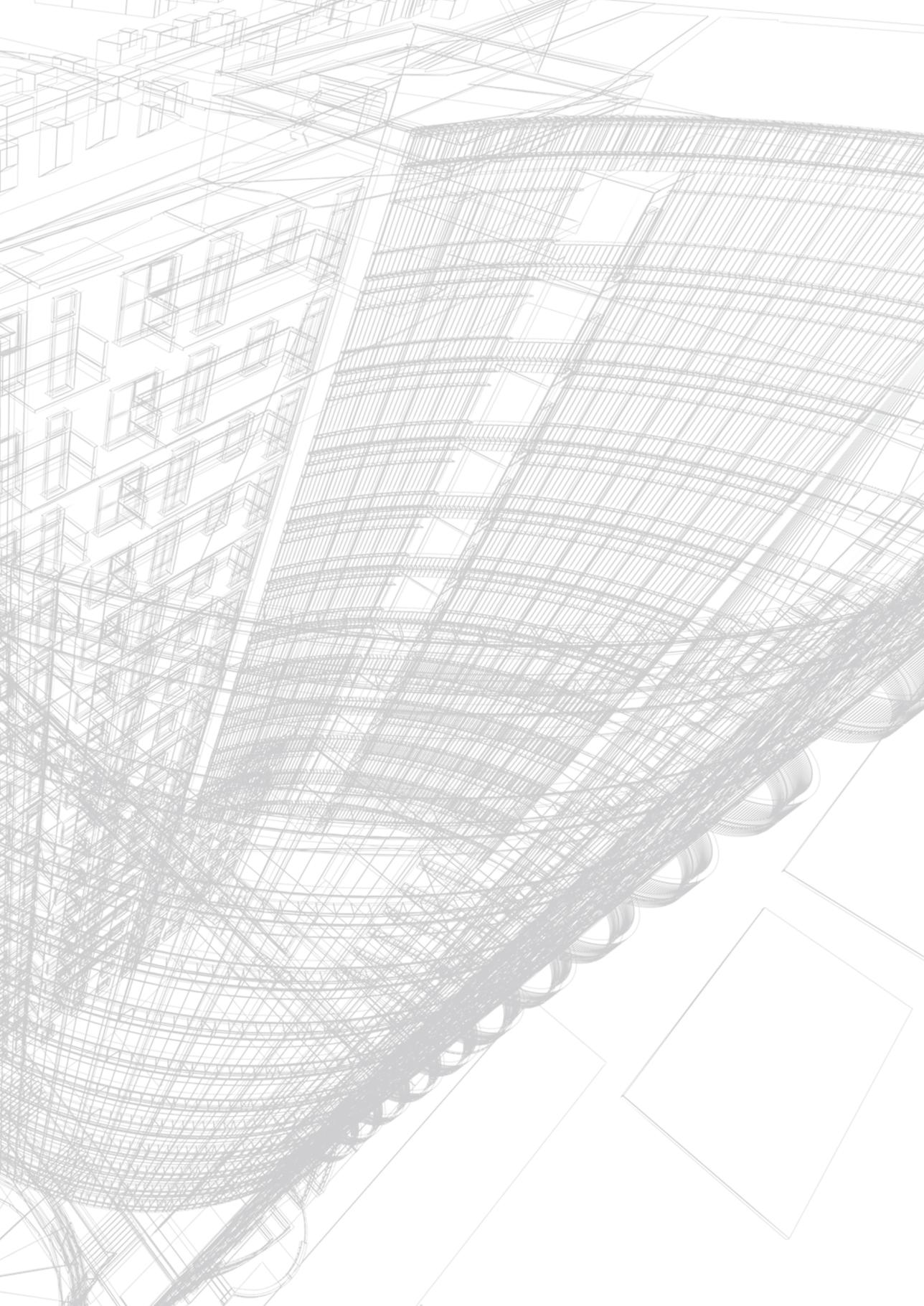
Además, el uso del modelo para la inclusión de la documentación, ya sea en forma de datos directos o bien en forma de enlaces externos para el acceso a la misma, puede ayudar también a las posteriores acciones que tanto mantenedores como propietarios puedan requerir y por supuesto en las posteriores obras en las que los Arquitectos Técnicos tendremos un punto de partida donde encontrar los datos de estado actual e históricos de las acciones acometidas anteriormente, de las que tanto adolecemos en la actualidad a la hora de iniciar un proceso de actualización, modificación o reforma.

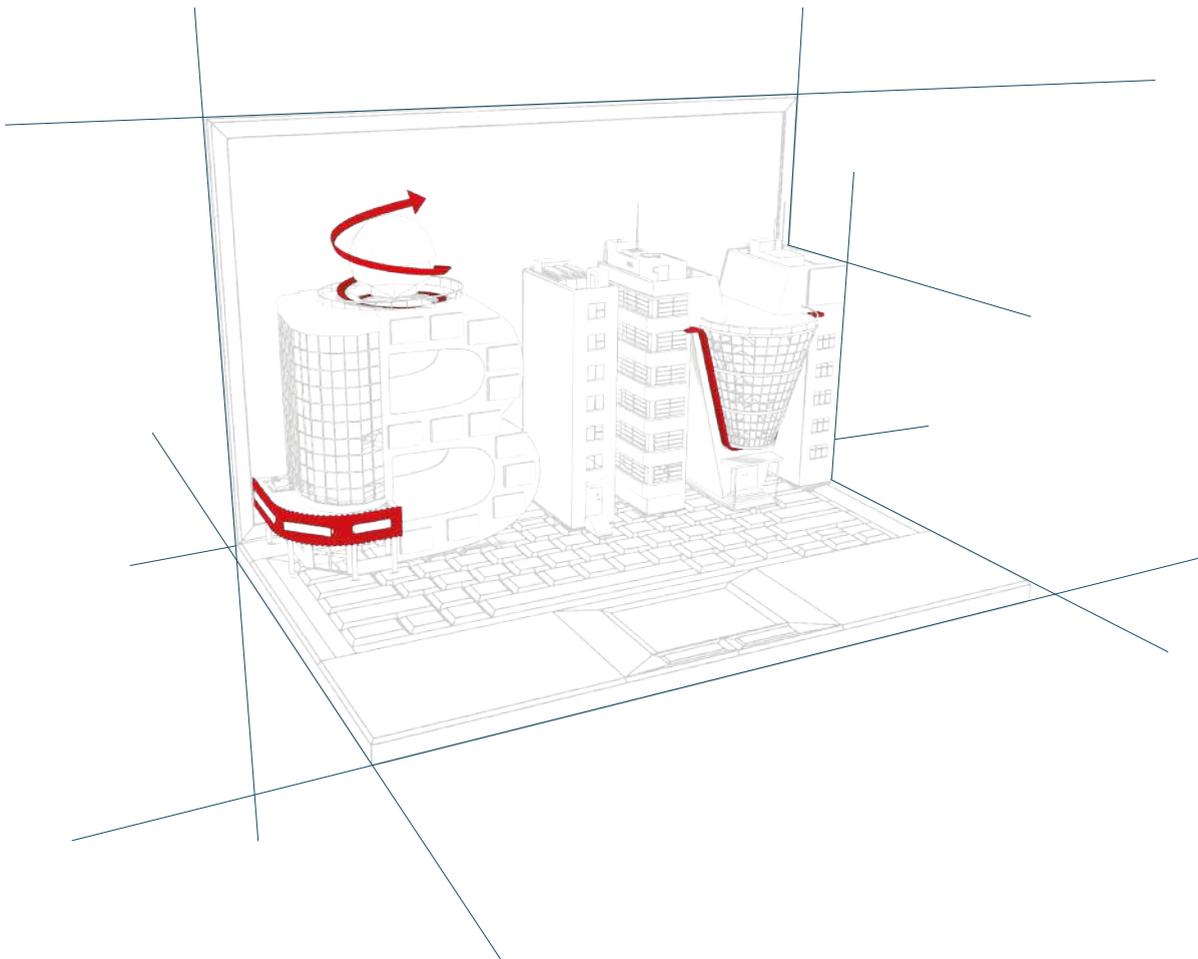
Si con el paso del tiempo, la dificultad de mantener actualizada la información del edificio es una traba importante por los propios formatos de la documentación tradicionalmente conservada y archivada en papel, la digitalización de la misma y la centralización de su punto de acceso en el modelo nos ofrecen una verdadera herramienta que no podemos desaprovechar.

## BIBLIOGRAFÍA

- *LOE, Ley de Ordenación de la Edificación, (Ley 38/1999 de 5 de noviembre).*
- *Cuaderno Técnico 9: BIM en edificios existentes, José Miguel Morea y José Manuel Zaragoza, COAATM, Mayo 2016.*
- *Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de arquitectura e ingeniería, José Miguel Morea Núñez y José Manuel Zaragoza Angulo, Fe de Erratas, 2015.*
- *Guía Documental y de gestión para la dirección facultativa de la obra. Varios autores. Dpto Vivda y OOPP y transportes del Gobierno Vasco, Colegio Vasco-Navarro de Arquitectos, Colegios de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Álava, Vizcaya y Guipúzcoa, 2009.*







CONSEJO GENERAL  
DE LA ARQUITECTURA TÉCNICA  
DE ESPAÑA

Consejo General de la Arquitectura Técnica de España

Paseo de la Castellana,155

28046 Madrid

Tel.: 915 705 588

[www.arquitectura-tecnica.com](http://www.arquitectura-tecnica.com)