

09-014

### **BIM EXECUTION PLAN (BEP): A PRACTICAL APPROACH FROM AN ACADEMIC ENVIRONMENT**

Zulueta Pérez, Patricia<sup>(1)</sup>; Sánchez Lite, Alberto<sup>(1)</sup>; Blanco Caballero, Moises<sup>(1)</sup>; Sánchez Allende, Francisco Javier<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Valladolid

The multidisciplinary nature of current projects has generated both in professional and educational environments a need for collaborative work, requiring project teams to develop some specific documents to achieve a successful implementation of BIM. Among them, we will highlight the BIM Execution Plan (BEP), through which all the team members previously know the responsibilities associated with the implementation of BIM in the project workflow.

This document presents a methodology for the elaboration of a PEB composed by stages that can be summarized as follows: identification of the goals and uses of BIM, designing of the BIM implementation process, definition of delivering models and, finally, identification of the necessary infrastructure. The base of the process will be a VBA software with a template that will include all the information needed for the PEB creation. Then, it will be automated using proprietary software tasks and data validation.

All final documents have been adapted to the PAS Standard Recommendations 1192\_2\_2013 of the British-Standards-Institution.

**Keywords:** *BIM; BEP; BIM Requirements; Technical Projects; BIM Learning*

### **PLAN DE EJECUCIÓN BIM (PEB): UNA APROXIMACIÓN PRÁCTICA DESDE UN ENTORNO ACADÉMICO**

El carácter multidisciplinar de los proyectos actuales ha generado unas necesidades de trabajo colaborativo, tanto en entornos profesionales como educativos, que hacen imprescindible la redacción, por parte del equipo encargado del proyecto, de algunos documentos específicos para llevar a cabo con éxito la implantación de BIM. Entre los mismos destacaremos el Plan de Ejecución BIM (PEB) mediante el cual todos los integrantes del equipo conocen de antemano las responsabilidades asociadas a la implementación de BIM en el flujo de trabajo del proyecto.

Este trabajo presenta una metodología exclusiva para la elaboración de un PEB compuesta por determinadas etapas que se pueden sintetizar en las siguientes: identificación de los objetivos y usos de BIM del proyecto, diseño del proceso de ejecución de BIM, definición de entregables e identificación de la infraestructura necesaria. La base de apoyo del proceso será un programa en VBA que generará una plantilla en la que se incluirá toda la información necesaria para la creación del PEB. Después, mediante un programa propietario se automatizarán las tareas y la validación de datos.

Los documentos resultantes de este trabajo se han adecuado a las recomendaciones presentes en la norma PAS 1192\_2\_2013 sobre proyectos BIM de la British-Standards-Institution.

**Palabras clave:** *BIM; PEB; Requerimientos BIM; Proyectos Técnicos; Docencia en BIM*

Correspondencia: Patricia Zulueta Pérez; pzulueta@eii.uva.es



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

Actualmente, Building Information Modeling (BIM) es una tecnología digital global que posee el potencial de revolucionar la industria de la construcción. Su implantación ha venido acompañada del lanzamiento de una gran cantidad de sistemas de software BIM, disponibles ya en el mercado, lo cual, aunque puede entenderse como un desarrollo positivo, ha abrumado a muchos profesionales que no pueden distinguir fácilmente los diferentes usos de estos sistemas de software (Abanda et al., 2015). La implantación de BIM está suponiendo una serie de problemas en su aplicación ya que, en la actualidad, no existe un método de trabajo estandarizado (Hartmann et al., 2012) (Howard & Björk, 2008) (Sacks et al., 2010) a partir del cual generar una metodología que permita incrementar la eficiencia y conseguir las ventajas reales que supone la utilización de BIM (Succar, 2009).

La nueva forma de redacción de los proyectos, teniendo en cuenta su carácter multidisciplinar, propicia la necesidad de un trabajo colaborativo (Becerik-Gerber, Jazizadeh & Li, 2011) que debe de ser adecuado para la buena realización del proyecto. Antes de comenzar la ejecución del mismo, nace la necesidad de redactar un Plan de Ejecución BIM (PEB), el cual describirá previamente los procesos y procedimientos a seguir durante la realización del proyecto (Building Smart Spanish Chapter, 2014). La necesidad de un PEB se pone de manifiesto en diferentes proyectos cuyo análisis ha sido objeto de artículos de investigación, como en el caso del viaducto de Auenbach (Hochmuth & Breinig, 2016), en la reutilización de edificios históricos (Ronca et al., 2016) y en edificios patrimoniales sostenibles (Dwairi et al., 2017). También, se hace necesario para la planificación en los proyectos en los que intervienen diferentes subcontratistas (Isaac, Curreli & Stoliar, 2017).

El presente trabajo surge como una necesidad de adaptar los procedimientos que ya se están llevando a cabo en otros países a la realidad de España y de la normativa europea, para evitar una pérdida de competitividad en proyectos internacionales. El plan de ejecución BIM, en última instancia, se plantea como un documento a utilizar para que los equipos puedan realizar su función de una manera fluida pero, en todo momento, cumpliendo con las expectativas del proyecto, evitando retrabajos y pérdidas de eficiencia que supondrían la insatisfacción del cliente así como en retrasos en la etapa de planificación del proyecto.

Retomando los objetivos planteados por el equipo buildingSMART (buildingSMART alliance-National Institute of Building Sciences, 2017) también servirá el PEB para una estandarización global en los procesos de intercambio de información en los proyectos con BIM, consiguiendo así que todas las tareas a realizar en el proyecto tengan un mismo formato de entrega independientemente del país de origen.

Si todas las organizaciones fueran capaces de estandarizar sus procesos el procedimiento de planificación se simplificaría para todos los miembros de un proyecto, consiguiendo además, que todas las partes integrantes, incluida la solicitante, tuvieran a su alcance un documento fácilmente evaluable y con información consistente.

## 2. Objetivos

Continuando con la implantación de BIM llevada a cabo en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid, y dentro de la etapa de especialización que constituye la realización de los Trabajos de Fin de Grado en entornos BIM, el objetivo principal del presente trabajo consiste en el desarrollo y aplicación de un Plan de Ejecución BIM de un proyecto técnico mediante la generación de una herramienta propietaria sobre la cual se pueda tomar la información obtenida y mantener un seguimiento del desarrollo del proyecto sobre el que se aplique, tanto en el ámbito profesional como académico.

El resultado será la obtención de una metodología específica adecuada para la formalización de un PEB. Se llevará a cabo el desarrollo metodológico de la aplicación mediante código Visual Basic para la gestión y planificación de la ejecución del proyecto. Asimismo, durante el proceso, se generará un manual de uso y de posibilidad de ampliación.

Para la realización de este trabajo se han tenido en cuenta, principalmente, las recomendaciones del equipo de la Universidad de Pensilvania - actualmente responsable de la redacción de los estándares para el modelado BIM en Estados Unidos-, las presentes en la norma PAS 1192\_2\_2013 “Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling” de la British-Standards-Institution del Reino Unido, y las recomendaciones de la “Guía para la realización del Plan de Ejecución BIM”, del Instituto Eduardo Torroja, que se encuentra en proceso de elaboración (esBIM, 2017). Se ha llevado a cabo una adaptación de las citadas recomendaciones con la intención de adaptarlas a la normativa española para aprovechar todas las ventajas que el PEB ofrece.

### 3. Motivación

Entendemos por un PEB un documento que describe una metodología (procedimientos, herramientas, técnicas, procesos, formatos y plantillas) para dar respuesta a los requerimientos BIM de un proyecto. El PEB es un plan director que documenta cómo se van a ejecutar, controlar y monitorizar los trabajos relativos a BIM.

Entre las ventajas más importantes que lleva consigo la elaboración de un PEB encontramos las siguientes:

- Entender claramente los objetivos a conseguir con la implementación de BIM en el proyecto.
- Los integrantes del equipo podrán conocerán de antemano sus responsabilidades y roles durante el proceso proyectual.
- El equipo será capaz de diseñar un proceso adaptable a los flujos de trabajo de cada uno de los diferentes equipos además de a los miembros de los mismos.
- El PEB pondrá de manifiesto los recursos adicionales, formación u otras competencias necesarias para implantar satisfactoriamente BIM en los usos requeridos.
- El Plan podrá utilizarse para describir los procesos a cubrir por los futuros integrantes del proyecto que puedan unirse a posteriori.
- Se proporcionará un punto de referencia para describir el proceso para futuros participantes que se tengan que incorporar al proyecto.
- El Plan proveerá un objetivo para medir el progreso en todo el proyecto.
- Con la implementación del PEB todo el equipo ganará valor, a través del aumento de nivel de planificación mediante la reducción de incógnitas en el proceso de implementación, por lo que se reduce el riesgo general.

Para lograr el compromiso de las partes interesadas con los objetivos del proyecto utilizando el modelo de información del edificio se utiliza, además del PEB, una serie de informes de apoyo como pueden ser el EIR (Employer's Information Requirements), los cuales incluyen gran parte de la información que se va a desarrollar durante el proyecto.

Previamente a la realización de un proyecto, debido a la escasa concreción sobre cómo ha de ser un proyecto BIM, surge la necesidad de acordar una hoja de ruta entre las partes

implicadas en el mismo. Un PEB bien documentado marca claramente las responsabilidades y oportunidades de ambas partes que supondrá el uso de BIM en el proyecto.

Conviene destacar que el carácter multidisciplinar de los proyectos actuales ha generado unas necesidades de trabajo colaborativo, no únicamente en el entorno profesional sino, de manera fundamental, en el educativo, que hacen imprescindible la redacción, por parte del equipo encargado del proyecto, de algunos documentos específicos como es el PEB que nos ocupa. Este documento es esencial para establecer las pautas del trabajo colaborativo en distintas etapas del proyecto por parte de los agentes intervinientes (Aldeanueva-Fernández et al., 2017). Es en este aspecto donde se puede, y se debe, encontrar la utilidad de redacción de un PEB también en el entorno académico, como elemento regulador de la implantación de BIM en la docencia reglada de, en nuestro caso, una escuela de ingeniería.

Para que la metodología BIM tenga sentido, los equipos de un proyecto BIM deben saber en todo momento donde se quiere llegar, de qué forma se va a llevar a cabo y a qué niveles de información se va a trabajar durante cada fase de proyecto. El PEB debe definir el alcance BIM en el proyecto, identificar el flujo de procesos, definir la información de intercambio entre las partes, y describir la infraestructura necesaria para llevarlo a cabo.

La normativa específica del Reino Unido; PAS 1192-2: 2013 define el proceso para definir un BEP (por sus siglas en inglés) y lograr nivel BIM 2 de trabajo. Se presenta como dos formas: Pre- y Post-contrato. El primero se destina a ser usado para ayudar a evaluar el enfoque propuesto por la empresa, mientras que el Post-contrato se convierte en un documento de consenso que explica quién es responsable de qué y cuándo.

Este documento se convierte en un aspecto de la implantación de BIM muy importante ya que fomenta la interacción positiva del proceso integral en un entorno colaborativo.

**Figura 1: Funcionalidad del BEP. Fuente: <http://www.bimbarcelona.com>**



#### 4. Metodología

Un PEB bien documentado, incluirá una definición de los usos de BIM a utilizar durante el mismo, así como una clara descripción de los procesos a desarrollar con BIM durante todo el ciclo de vida del producto (planificación, diseño, construcción, mantenimiento, etc.)

Una vez que el Plan ya ha sido definido y documentado, será de gran utilidad para la realización de un seguimiento del proyecto y para conseguir los máximos beneficios de la implementación de BIM.

En el presente trabajo se han elaborado dos manuales diferentes para la implementación del PEB, uno dirigido a los *desarrolladores* de la aplicación, en el cual se dará una visión muy general acerca de lo que es el Plan haciendo especial hincapié en el código que hay detrás del funcionamiento de las hojas de cálculo, y un segundo manual dirigido a organizaciones o *usuarios* finales que quieran implementar el PEB, en el que se explicará lo que se está haciendo en cada punto, el por qué se está haciendo y cómo se va a utilizar esa información. El Excel generado será el punto de apoyo para poder llevar a cabo el proceso.

El flujo de trabajo seguido ha sido el siguiente:

Utilizando la información recopilada desde las fuentes, se ha generado una toma de requerimientos adecuados para los proyectos con BIM. Una vez definidos estos requerimientos, se ha realizado un programa propietario con código VBA el cual facilita la tarea de la generación de los documentos. Asimismo, se han generado unas plantillas básicas que incluyen toda la información necesaria para la generación de un BEP y posterior automatización de todas las tareas repetitivas por medio de programación en VBA, así como la validación de datos para evitar que la información sea incompleta o imprecisa. Con objeto de aumentar la transparencia, se han documentado las rutinas de proceso, así como los puntos de ampliación posible, y una recomendación acerca de cómo afrontar dicha ampliación.

Una vez validada la herramienta, se redacta un manual de uso accesible a posibles usuarios finales de la herramienta.

De manera que el flujo de trabajo ha sido el siguiente:

1. Búsqueda de información, estado de la técnica: Recopilación del método de trabajo actual: investigación acerca de los métodos utilizados actualmente por terceros y propuesta de mejora del método inicial.
2. Recopilación de requerimientos: Incorporación de diversas metodologías de trabajo según los distintos objetivos requeridos.
3. Programación
4. Aplicación práctica
5. Evaluación de la herramienta y correcciones
6. Redacción de manuales.

#### **4.1 Desarrollo de la aplicación**

La necesidad de implementar un bloque de desarrollo y mantenimiento del código VBA surge como un ejercicio de aplicación de los ideales propuestos por las licencias Creative Commons las cuales dan permiso a quien lo considere necesario, adaptar, modificar o utilizar cualquiera de las partes que conforman este trabajo, formando parte de la esencia del trabajo la posibilidad de uso por cualquier usuario.

Teniendo en cuenta la posibilidad de adaptación a determinadas necesidades particulares, se ha realizado un manual comprensible que justifique las decisiones que se han tomado a la hora de programar y facilite la posibilidad de mejora.

La importancia de facilitar el formateo de las hojas de Excel, es provocar un efecto gancho para realizar el plan de ejecución BIM, eliminando las barreras a quien no esté familiarizado con su manejo, proporcionando únicamente una herramienta para la introducción de datos y,

a su vez, conseguir que esta introducción sea lo suficientemente visual para poder ser entregado en la forma en que se ha rellenado.

Los documentos de este trabajo han sido creados siguiendo las recomendaciones de los equipos más vanguardistas del sector, siendo estas recomendaciones adecuadas, entre otras, a las actuales normas ISO 12006-2: Building construction–Organization of information about construction Works, ISO 29481-1: Building information models- Information delivery manual. Part 1: Methodology and format, ISO 29481-2: Building information models- Information delivery manual. Part 2: Interaction framework, y a la norma PAS 1192\_2\_2013 anteriormente mencionada.

A continuación se explica la función de cada una de las hojas del Excel.

### 1. Hoja de responsables

La clasificación de áreas de trabajo recogida en la misma ha sido propuesta por el equipo Omniclass, tomando como referencia la norma ISO 12006-2: Organization of Information about Construction Works - Part 2. De este modo se obtiene un código numérico con el que identificar cada una de las tareas las cuales asociar a los equipos. La finalidad de esta hoja de Excel, es la de aunar todos los responsables según su actividad o disciplina.

**Figura 2: Detalle de hoja de responsables. Fuente: elaboración propia**

Código	Tarea	Equipo responsable
<b>33-11 00 00</b>	<b>Planificación</b>	
33-11 11 00	Planificación regional	
33-11 21 00	Planificación de desarrollo	
33-11 31 00	Planificación rural	
33-11 41 00	Planificación urbana	
33-11 44 00	Planificación de transporte	
33-11 51 00	Planificación medioambiental	

Para que la guía sea utilizable en España de manera habitual, se entregará una matriz de intercambio de la tabla Omniclass a los códigos CNAE.

**Figura 3: Detalle de matriz Omniclass – CNAE. Fuente: <http://www.cnae.com.es/lista-actividades>**

2012 DRAFT OmniClass Table 33 - Disciplines -- Transition Matrix		Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE)	
Number	Title	Código CNAE	Título
33-11 61 41	Archaeological Area Conservation Planning		
<b>33-21 00 00</b>	<b>Design Disciplines</b>		
33-21 11 00	Architecture	7112	Servicios técnicos de ingeniería y otras actividades relacionadas con el asesoramiento técnico
33-21 11 11	Residential Architecture		
33-21 11 21	Commercial Architecture		
33-21 11 24	Institutional Architecture		
33-21 11 27	Industrial Architecture		
33-21 21 00	Landscape Architecture		
33-21 23 00	Interior Design		
33-21 27 00	Graphic Design	7410	Actividades de diseño especializado
33-21 27 11	Signage Graphic Design		
33-21 25 00	Specifying		
33-21 31 00	Engineering	7112	Servicios técnicos de ingeniería y otras actividades

## 2. Hoja de usos de BIM

Se ha generado una hoja de cálculo dedicada a un análisis de los usos de BIM por cada fase, explicada con profundidad en el manual de usuario, así como los responsables para cada uso. En esta hoja habrá que indicar el uso de BIM a implementar y la fase en la que se va a incluir.

Se ha generado la hoja para que sea lo más visual posible. Todos los datos a introducir provienen de acuerdos de reuniones previas de manera que no es necesario extenderse en exceso acerca de cada uno de los usos y sólo se añadirán los recursos adicionales necesarios y una nota a modo de resumen de cada una de las filas.

**Figura 4: Detalle Hoja de usos de BIM. Fuente: elaboración propia**

Uso de BIM	Valor para el proyecto	Equipo responsable	Valor para el equipo responsable	Capacidad	Recursos adicionales / Competencias requeridas para implementar		
	Alto Medio Bajo		Alto Medio Bajo	Escala 1 - 3 (1 bajo)			
				Recursos	Capacidad	Experiencia	
PROGRAMACIÓN							
ANÁLISIS DEL LUGAR							
COORDINACIÓN 3D							
ANÁLISIS ESTRUCTURAL							
PLANIFICACIÓN DE FASES (DISEÑO 4D)							
PLANIFICACIÓN IN SITU							
PLANIFICACIÓN Y CONTROL 3D							
MODELADO DE CONDICIONES INICIALES							
GESTIÓN DE ESPACIOS							

## 3. Hoja de intercambio de información

Una vez definidos los responsables, los usos de BIM que se van a aplicar y la fase en la que se van a implantar, pasamos a la generación de la plantilla final en la que se indicarán todos los intercambios de información para cada uso de BIM.

En esta hoja se puede observar cuál será la salida en cada uno de los usos para cada una de las fases, y lo que va a contener esta salida. Es importante que esta hoja sea fácilmente manejable para todo aquel que tenga acceso a ella, para poder utilizarla sin necesidad de consultar con terceros.

Particularmente, como desglose de todas las tareas referentes a un proyecto de edificación, se ha utilizado la clasificación Uniformat II (Background On UNIFORMAT II The ASTM E1557 Building Standard). Para adaptar esta plantilla a otros proyectos, sería necesario buscar un desglose de las tareas acorde con el proyecto a realizar.

**Figura 5: Detalle Hoja de Intercambio de información. Fuente: elaboración propia**

**Intercambio de Información**

Generar plantilla inicial

Nivel de detalle	Información
LOD 100	Es el nivel básico en el que se enumeran los elementos conceptuales de un proyecto
LOD 200	Es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, aproximando cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto
LOD 300	Es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando de forma precisa cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto
LOD 400	Es el nivel en el que se define al detalle el objeto, así como su posición uso y montaje con toda la información de fabricación específica.
LOD 500	Es el nivel en el que se empieza a definir información no gráfica vinculada al elemento. Se verifica la información de este nivel en relación al proceso constructivo finalizado.

Uso de BIM	PROGRAMACIÓN	ANÁLISIS DEL LUGAR	COORDINACIÓN 3D							
Fase del proyecto	Planificación	Planificación	Planificación							
Momento del intercambio de información										
Equipo responsable (destinatario)										
Formato del modelo (dwg, pdf, etc.)										
Aplicación y versión										
Explotación de elementos del modelo	Info	Resp	Notas	Info	Resp	Notas	Info	Resp	Notas	Inf
<b>01 Subestructura</b>										
<b>10 Cimientos</b>										
10 Cimientos estándar										
20 Cimientos especiales										
<b>20 Cerramientos bajo nivel de tierra</b>										
10 Paredes bajo cota cero										
<b>40 Losas bajo muro</b>										
10 Losas bajo muro estándar										
20 Losas bajo muro estructurales										
30 Zanjas para losas										
40 Pozos y bases										
50 Componentes suplementarios para la losa										

Tras realizar este primer bloque de desarrollo de la aplicación obtenemos las siguientes conclusiones.

- Toda la programación que se ha añadido es modificable, ampliable e incluso se podrían eliminar partes, pero es recomendable siempre hacerlo desde la perspectiva de que el PEB ha de ser completo y entendible.
- Una vez tomados en consideración todos los puntos a tratar y la manera de tratarlos, queda abierta la posibilidad de que en un futuro, siempre con el objetivo de mejorar el PEB, surjan nuevas necesidades relacionadas con los distintos ámbitos de aplicación de BIM debido a la multitud de proyectos en los que se puede implementar, o a futuras normas internacionales que aporten un nuevo enfoque a las recomendaciones aquí dadas. Es en este aspecto en el que este manual de desarrollo adquiere especial importancia, facilitando este trabajo de ampliación para aquél que lo necesite.
- Si se utilizan de manera adecuada los métodos aquí explicados, se reducirá de manera considerable el tiempo dedicado a dar formato a los entregables, evitando además problemas derivados de datos incompletos o incorrectos debido a las validaciones automáticas y a la realimentación de la información entre las hojas.

**4.2. Manual de la aplicación para la redacción del PEB**

Como se comentó anteriormente, para la generación del manual de usuario, se han seguido las recomendaciones del equipo de la Pennsylvania State University, utilizando el modelo de entrega de proyecto del tipo IPD (Integrated Project Delivery).

Según se ha expuesto, para poder integrar el uso de BIM en el proyecto, es de vital importancia que el equipo encargado de la implementación desarrolle previamente un plan de ejecución BIM detallado. Este plan de ejecución podrá dar una visión general de las tareas a desarrollar durante el mismo. El PEB no sólo se redactará previamente al proyecto, sino que tendrá que ser modificado a medida que el proyecto va evolucionando, pudiendo utilizarse para monitorizar los procesos de las tareas BIM, definir los formatos de los archivos de intercambio con el cliente, y describir la infraestructura necesaria para el intercambio de la información.

Este trabajo presenta un plan de cuatro pasos para desarrollar un PEB detallado. Este procedimiento está planteado para que todas las partes interesadas en el proyecto, tengan la posibilidad de redactar un PEB preciso y consistente para los proyectos. Esta redacción se hará a lo largo de diferentes reuniones teniendo claros los objetivos a establecer.

Los pasos son los siguientes:

1. Identificar los objetivos y usos de BIM a implementar en el proyecto
2. Diseñar el proceso de ejecución de BIM
3. Definir los entregables necesarios para el proyecto
4. Establecer la infraestructura para la implementación de BIM

El Excel generado en la parte de desarrollo antes descrita, constituirá la base sobre la cual poder llevar a cabo todos los pasos mencionados.

**Figura 6: Detalle Definición del modelo BIM. Fuente: elaboración propia**

**Definición del modelo BIM**

Nivel de detalle	Información
LOD 100	Es el nivel básico en el que se enumeran los elementos conceptuales de un proyecto
LOD 200	Es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, aproximando cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto
LOD 300	Es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando de forma precisa cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto
LOD 400	Es el nivel en el que se define al detalle el objeto, así como su posición uso y montaje con toda la información de fabricación específica.
LOD 500	Es el nivel en el que se empieza a definir información no gráfica vinculada al elemento. Se verifica la información de este nivel en relación al proceso constructivo finalizado.

Fase del proyecto		10 Fase conceptual			15 Documento de entrega de proyecto			20 Fase de diseño		
Formato archivo, en caso de diferencias indicar en notas										
Aplicación y versión										
Explotación de elementos del modelo		Info	Resp	Notas	Info	Resp	Notas	Info	Resp	Notas
01	Subestructura									
	10 Cimientos									
	10 Cimientos estándar									
	20 Cimientos especiales									
	20 Cerramientos bajo nivel de tierra									
	10 Paredes bajo cota cero									
	40 Losas bajo muro									
	10 Losas bajo muro estándar									
	20 Losas bajo muro estructurales									
	30 Zanjas para losas									
	40 Pozos y bases									
	50 Componentes suplementarios para la losa									
	60 Mitigación de gas y agua									
	10 Drenaje del edificio									
	20 Mitigación de gases									
	90 Actividades relacionadas con la subestructura									
	10 Excavación de la subestructura									
	20 Construcción desagües									
	30 Soporte de excavaciones									
	40 Tratamiento del suelo									
02	Revestimiento									

1. Identificar los objetivos y usos de BIM a implementar en el proyecto

Este punto es de gran importancia para el proyecto y para los miembros del mismo implicados en cada uno de los usos ya que aquí se definirán las expectativas de la implementación de BIM en el proyecto.

Se podría definir un uso de BIM como una tarea individual o procedimiento individual en un proyecto, el cual podrá beneficiarse de la introducción de BIM en dicho proceso. Este trabajo se basa en 25 usos comunes de BIM identificados por Kreider y Messner (2013), los cuales han sido obtenidos a partir de estudio de proyectos ya realizados y entrevistas con expertos en la industria e investigación.

Figura 7: Usos de BIM por fase. Fuente: elaboración propia

X PLANIFICACIÓN	X DISEÑO	X CONTRUCCIÓN	X OPERACIÓN
X PROGRAMACIÓN	X AUTORIA DE DISEÑO	PLANIFICACIÓN IN SITU	PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO
ANÁLISIS DEL LUGAR	X REVISIONES DE DISEÑO	DISEÑO DE SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN	ANÁLISIS SISTEMAS EDIFICIO
	X COORDINACIÓN 3D	COORDINACIÓN 3D	GESTIÓN DE ACTIVOS
	X ANÁLISIS ESTRUCTURAL	FABRICACIÓN DIGITAL	GESTIÓN DE ESPACIOS
X COORDINACIÓN 3D	X ANÁLISIS ILUMINACIÓN	PLANIFICACIÓN Y CONTROL 3D	PLANIFICACIÓN DE DESASTRES
	X ANÁLISIS ENERGÉTICO	MODELO CREADO	MODELO CREADO
	X ANÁLISIS MECÁNICO		
	X OTROS ANÁLISIS (INGENIERÍA)		
	X EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD		
	VALIDACIÓN DEL CÓDIGO		
PLANIFICACIÓN DE FASES (DISEÑO 4D)	X PLANIFICACIÓN DE FASES (DISEÑO 4D)	PLANIFICACIÓN DE FASES (DISEÑO 4D)	PLANIFICACIÓN DE FASES (DISEÑO 4D)
ESTIMACIÓN DE COSTES	X ESTIMACIÓN DE COSTES	ESTIMACIÓN DE COSTES	ESTIMACIÓN DE COSTES
MODELADO DE CONDICIONES INICIALES	MODELADO DE CONDICIONES INICIALES	MODELADO DE CONDICIONES INICIALES	MODELADO DE CONDICIONES INICIALES

2. Diseñar del proceso de ejecución de BIM

Este trabajo trata de adaptar la norma ISO 29481-1:2016, anteriormente mencionada, debido a que el objetivo primordial de un plan de ejecución BIM es la homogeneización de los procedimientos, siendo también esto el objetivo de la norma en cuestión.

### *3. Definir los entregables necesarios para el proyecto*

Una vez que el flujo del proceso ha sido desarrollado, será necesario que se definan con claridad el intercambio de información que se ha de realizar. Es importante para todos los miembros del equipo, en especial para el autor y el destinatario, entender con claridad la información que se requiere. Para ello, se utilizará la tabla de intercambio de información del Excel base del proyecto.

### *4. Establecer la infraestructura para la implementación de BIM*

Definidos todos los pasos anteriores, resulta necesario crear una infraestructura sobre la cual desarrollar BIM. Esta infraestructura será la unión de los archivos a entregar, el método de entrega de los mismos, la tecnología utilizada para su desarrollo, cuándo y quién podrá acceder a los archivos, las condiciones contractuales a cumplir durante todo el desarrollo del proyecto y los controles de calidad a realizar.

Para que el plan de ejecución se considere completo, debería al menos contener las siguientes categorías de información:

- Información básica acerca del plan de ejecución BIM. Será conveniente incluir un documento con las motivaciones que han llevado a redactar el plan.
- Información del proyecto. El plan debería incluir información del proyecto, localización, descripción, y fechas de los diferentes hitos para futuras referencias.
- Personas clave del proyecto. Como parte de las referencias se debería incluir información de contacto con las personas responsables del mismo.
- Objetivos del proyecto. Esta sección incluirá las necesidades de BIM a cubrir en el proyecto. Éstas deben de ser descritas por los responsables del proyecto en las primeras fases de la planificación.
- Roles organizacionales. Una de las tareas principales consistirá en definir los coordinadores del PEB a lo largo de las fases del proyecto lo cual es particularmente importante al identificar la organización que iniciará el plan BIM, además de las personas que se encargarán de implementarlo satisfactoriamente.
- Diseño de proceso BIM. Esta sección indicará claramente a través de un mapa de procesos, como se implementará el PEB paso a paso obteniendo una visión detallada de las necesidades a satisfacer en cada paso.
- Archivos de intercambio de información BIM. Será conveniente añadir una sección en la cual se definan los modelos a obtener así como el nivel de detalle requerido para la implementación de cada uno de los usos de BIM que se plantean abordar.
- Requerimientos de información. Los requerimientos de la parte contratante deben ser documentados y claramente entendidos. Esta sección también se puede tratar con otros documentos BIM como serían el EIRs (Employer's Information Requirements) por sus siglas en inglés.
- Procedimientos colaborativos. Los equipos deben desarrollar sus procedimientos de colaboración, esto incluye todas las actividades relacionadas con el mantenimiento de los archivos del modelo, así como reuniones periódicas para el estudio de colisiones.
- Procedimientos de control de calidad. Existirá un procedimiento para asegurar que todos los participantes del proyecto reúnen los requisitos definidos y para monitorear el proceso a lo largo de la ejecución del mismo.
- Necesidades de infraestructuras digitales. Puesto que BIM nace como un repositorio único electrónico, surge la necesidad de identificar las necesidades de hardware, software y de red necesarios para ejecutar el plan.

- Estructura del modelo. El equipo deberá documentar cómo se realizará el modelo, como se nombrará, las coordenadas a utilizar y los estándares del modelo.
- Entregables del proyecto El equipo deberá documentar los entregables requeridos por la parte solicitante.
- Estrategia de entrega. Esta sección debe definir la estrategia de entrega que será utilizada en el proyecto que, a su vez, tendrá un impacto crítico en los procesos de implementación.

## 6. Conclusiones

Esta guía se ha creado como un medio para facilitar la tarea de elaboración de un PEB. A pesar de que esta guía puede ser implementada por cualquier equipo con, o sin experiencia en BIM, hay ciertas recomendaciones que incluir en la redacción del PEB.

A la hora su redacción, se recomienda la existencia de una persona con experiencia que sea la encargada principal de la redacción del Plan y sea quien guíe al equipo hacia las mejores prácticas posibles para conseguir que el proyecto sea satisfactorio.

Se recomienda entender el uso de BIM dentro del proyecto, como un trabajo colaborativo entre todas las partes que lo integran. Cuando todos los equipos colaboran, se puede conseguir que los intercambios de información sean fluidos y completos consiguiendo un mejor resultado en menos tiempo.

También hay que tener en cuenta que esta propuesta no tiene por qué ser definitiva, sería conveniente tratar el PEB como un documento cambiante, tanto durante el ciclo de vida del proyecto, en el cual habrá que actualizarlo con la nueva información que va surgiendo, como en cada una de las implantaciones BIM de la organización que lo vaya a desarrollar.

Iniciativas como la propuesta en este trabajo permitiría una aplicación más adecuada a la normativa española, fortaleciendo el uso y desempeño de BIM dentro de nuestro entorno.

En cuanto a la posibilidad de continuar con el desarrollo del BEP en líneas futuras, resultaría interesante la incorporación a la aplicación, de la programación y desarrollo de un seguimiento automático vía on-line del registro de la información.

## 7. Referencias

- Abanda, F.H., Vidalakis, C., Oti, A.H., & Tah, J.H.M. (2015). A critical analysis of Building Information Modelling systems used in construction. *Advances in Engineering Software*, 90, 183-201. ISSN: 09659978. doi: 10.1016/j.advengsoft.2015.08.009.
- Aldeanueva-Fernández, M., García-Marín, A., Barrios-Corpa, J., & Torre-Fragoso, C. de la. (2017, Mayo). BIM: pautas estratégicas para la regeneración del método docente en las escuelas de arquitectura. *EUBIM 2017 BIM International Conference*. 6º Encuentro de Usuarios BIM, Valencia.
- Background On UNIFORMAT II The ASTM E1557 Building Standard. Obtenido 10 de abril de 2018. <http://www.uniformat.com/index.php/background>.
- Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., & Li, N. (2011). Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management. *J. Constr. Eng. Manag.*, 138, March, 431–442.
- Building Smart Spanish Chapter (2014). *Guía de Usuarios BIM*.
- BuildingSMART alliance-National Institute of Building Sciences. Obtenido el 6 de abril de 2018. <http://www.nibs.org/?page=bsa>.
- Dwairi, S., Mahjoubi, L., Odeh, M., & Kossmann, M. (2017). Ont-EIR Framework to Deliver Sustainable Heritage Projects. *Advanced Technologies for Sustainable Systems*, 4, 19-30. doi: 10.1007/978-3-319-48725-0\_3.

- es.BIM. Implantación de BIM en España (2017). Guía para la realización del Plan de Ejecución BIM. Instituto Eduardo Torroja, Madrid. Obtenido el 13 de abril de 2018. [www.esbim.es](http://www.esbim.es).
- Hartmann, T., Van Meerveld, H., Vossebeld, N., & Adriaanse, A. (2012). Aligning building information model tools and construction management methods. *Autom. Constr.*, 22, 605–613.
- Hochmuth, M., & Breinig, W. (2016). BIM-Pilotprojekt Talbrücke Auenbach Innovative Planungsmethoden im Brückenbau. *Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin., Bautechnik* 93, 7. doi: 10.1002 / bate.201600041.
- Howard, R., & Björk, B. C. (2008). Building information modelling - Experts' views on standardisation and industry deployment. *Adv. Eng. Informatics*, 22, 271–280.
- Isaac, S., Curreli, M., & Stoliar, Y. (2017). Work packaging with BIM. *Automation in Construction*, 83, 121-133. doi: 10.1016/j.autcon.2017.08.030.
- Kreider, R. G., & Messner, J. I. (2013). The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses. *Pennsylvania State Univ*, 0–22.
- Ronca, P., Crespi, P., Zichi, A., Zucca, M., Longarini, N., & Gambardella, C. (2016). BIM application for the reuse of the Modern Heritage: The Galfa Tower. *World Heritage and Degradation: Smart Design, Planning and Technologies. Colección: Fabbrica della Conoscenza*, 580-588.
- Sacks, R., Kaner, I., Eastman, C. M., & Jeong, Y. S. (2010). The Rosewood experiment - Building information modeling and interoperability for architectural precast facades. *Autom. Constr.*, 19(4), 419–432.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Autom. Constr.*, 18 (3), 357–375.