

09-017

## **EXPERIENCES OF APPLYING BIM AND COLLABORATION IN THE CLOUD AS EDUCATIONAL INNOVATION TOOLS IN UNIVERSITY AND POSTGRADUATE STUDIES**

Lucena Gonzalez, Carlos Francisco (1); Rosa Roca, Nuria (1); Villena Manzanares, Francisco (2)

(1) Universidad Catolica San Antonio de Murcia (UCAM), (2) Universidad de Sevilla (US)

One of the pillars on which the BIM Methodology is based is interoperability (ISO-16739), which has been developed under an open source software framework, called Open BIM or open workflow in BIM, which has allowed to companies and public administrations, to progress in the application of this methodology in our country, specifically they take on greater weight and importance in the case of Public Bidding. The BIM Methodology, and its potential for collaborative work in the cloud (ISO-19650) in the university environment may be one of the greatest innovations of recent years. This communication shows the results obtained between 2015 and 2021, in the teaching experience of a case study of the Pablo de Olavide University (UPO). The introduction in recent years of the BIM Methodology at the Center for Postgraduate Studies (CEDEP) of the Pablo de Olavide University (UPO), has been a revolution for teaching in these technical degrees.

Keywords: BIM Methodology; Undergraduate Thesis Project; Master Project; Building Information Modeling; Open BIM; University Innovation

## **EXPERIENCIAS DE APLICACIÓN BIM Y LA COLABORACIÓN EN LA NUBE COMO HERRAMIENTAS DE INNOVACIÓN DOCENTE EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO**

Uno de los pilares en los que se sustenta la Metodología BIM es la interoperabilidad (ISO-16739), que se ha desarrollado bajo un marco de software de código abierto (opensource), denominado Open BIM o flujo de trabajo abierto en BIM que ha permitido a las empresas y administraciones públicas, progresar en la aplicación de esta metodología en nuestro país, en concreto toman mayor peso e importancia para el caso de la Licitación Pública. La Metodología BIM, y su potencial de trabajo colaborativo en la nube (ISO-19650) en el ámbito universitario puede ser uno de las mayores innovaciones de los últimos años. Esta comunicación muestra los resultados obtenidos entre 2015 y 2021, en la experiencia docente de un caso de estudio el de la Universidad Pablo de Olavide (UPO). La introducción en los últimos años de la Metodología BIM en el Centro de Estudios de Postgrado (CEDEP) de la Universidad Pablo de Olavide (UPO), ha supuesto una revolución para la docencia en estas titulaciones técnicas.

Palabras clave: Metodología BIM; Proyecto Fin de Grado; Trabajo Fin de Master; Building Information Modeling; Open BIM; Innovación ámbito universitario

Correspondencia: Carlos Francisco Lucena Gonzalez. Correo: clucena@alu.ucam.ed



©2022 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

El modelado de información de construcción (BIM) es la tendencia actual para adaptarse a los cambios tecnológicos en la gestión del proyecto en la industria de la construcción en los últimos años. Para implementar BIM es esencial que la formación de los ingenieros y arquitectos en el mercado laboral sea actualizada. Debido a lo anterior durante los últimos años ha crecido el número de cursos y máster especializados en diseño BIM.

La experiencia del uso BIM necesita de conocimientos teóricos y prácticos en función de la aplicación específica, es decir modelado del edificio y/o modelado y cálculo de instalaciones en el modelo de información de la construcción lo conocido por entorno MEP (Mechanical, Electrical & Plumbing). Como resultado, la educación en arquitectura e ingeniería debe aprovechar las oportunidades que brinda BIM-MEP para capacitar tanto al profesional en activo como a los recientes titulados en un nuevo enfoque metodológico. Un número creciente de programas de arquitectura, ingeniería y construcción han comenzado a ofrecer cursos que incluyen contenido relacionado con BIM tanto a nivel público en Universidades como a nivel privado en empresas de formación homologadas. Este documento presenta un enfoque sobre las experiencias del aprendizaje BIM en el programa Máster BIM Management de la Universidad Pablo de Olavide (UPO), durante el periodo 2015-2022. Se presentan y discuten estrategias de aprendizaje modular, experiencias en formación y capacitación BIM y se evalúan los contenidos creados para implementar y facilitar el aprendizaje y comprensión de BIM. Se muestra por qué la comisión de postgrado detectó signos claros de mejora en la calidad docente con respecto a otros másteres y programas propios.

El objetivo de una formación de posgrado BIM es establecer un equilibrio entre las diferentes herramientas tecnológicas a los ingenieros y arquitectos del futuro para su uso efectivo BIM-MEP de forma rutinaria y se espera que esta estrategia de aprendizaje BIM sea colaborativa y ayude a los profesionales a estar preparados para los nuevos retos de la futura y actual industria de la construcción. Los planes de estudio BIM deben incluir varios métodos con un enfoque colaborativo como objetivo de aprendizaje (Kim, 2013; Abdirad y Dossick, 2016; Jin et al., 2018; Yun, 2019). Como propósito pretendíamos extender esta idea de innovación entre el resto de la comunidad universitaria para que se conociera esta iniciativa pionera en aquel momento, curso académico 2015-16.

BIM implica un modelo tridimensional que contiene información sobre dimensiones, materiales, apariencia y características técnicas, que no se pierden en la comunicación entre diferentes plataformas informáticas (proyectistas). El método se vuelve colaborativo, ya que permite integrar en un único modelo la información válida en cada fase de diseño: desde la arquitectónica hasta la estructural, desde las instalaciones hasta la parte energética y de gestión. Sólo en el nivel de colaboración es plenamente eficaz el proceso BIM. Cada parte interesada desarrolla el modelo BIM de su propia disciplina y lo integra con las otras, compartiendo la información en una plataforma con un CDE (Entorno Común de Datos; Common Data Environment) acorde a la UNE-EN-ISO-19650 adoptando nuevos recursos tecnológicos que permiten el trabajo integrado y la colaboración dentro de BIM. La visualización es una parte importante de la toma de decisiones en la industria de la construcción, tanto para informar el progreso de la construcción como para comunicar problemas y cambios potenciales, mostrando de manera efectiva la situación actualizada.

El uso de la realidad virtual versus realidad aumentada permite dar un paso adelante en la visualización, posibilitando la percepción tridimensional del espacio y brindando mejores imágenes para la toma de decisiones (Vincke et al., 2019). La realidad virtual se puede definir como una tecnología de interfaz usuario-sistema que permite la integración del usuario en

tiempo real con un entorno tridimensional construido digitalmente (Lin, Petzold & Ma, 2019). AR, por otro lado, consiste en una mezcla entre real y virtual, donde el entorno real se enriquece con objetos virtuales a través de dispositivos móviles (Tori y Hounsell, 2018). El diseño y construcción virtual (Virtual Design Construction) se vaticinaba que se convertiría en el estándar en la industria de la construcción y es importante señalar que BIM no es pasar del diseño 2D a la visualización 3D, sino que es una forma de colaboración entre los miembros del equipo a través de la gestión de la información y el trabajo en equipo (Sacks y Pikas, 2013). Aunque BIM para diseño de proyectos es una tecnología madura en países como EEUU o Inglaterra, en España, su utilidad ya es una realidad, debido al obligado cumplimiento para licitaciones públicas en edificación y de obra civil. Como objetivos del artículo, dimos respuesta a las preguntas de la investigación, logrando establecer ese nexo de unión entre innovación docente y casos de éxito en nuestra experiencia con los profesionales matriculados como alumnos en este título propio que perseguía la consecución en la aplicación de la metodología BIM.

A medida que el uso de BIM se extiende en la industria, se requiere que los graduados y los profesionales de la ingeniería y la arquitectura logren oportunidades de empleo aplicando BIM. Además del conocimiento de la tecnología BIM, es necesario conocer los fundamentos teóricos de cada una de las aplicaciones para construcción e instalaciones. Establecer metodología BIM requiere figuras profesionales para su adecuada implementación tanto en fase de diseño del proyecto, como en fase de ejecución del proyecto a pie de obra.

Tras esta breve introducción, recorreremos rápidamente las figuras que los alumnos ejercen hoy día en el ámbito profesional, y, tras analizar el plan de estudios y su evolución desde la primera edición durante el curso académico 2015-16 hasta el curso académico actual, pondremos en relación desde un análisis transversal, el mapa de software en relación a la ISO-19650 y el uso de la nube, a través del Common Data Environment (CDE) para analizar las cifras que han arrojado estas siete ediciones en cursos pasados, como un caso de éxito docente y de innovación en el ámbito universitario.

## **2. BIM y sus aplicaciones en el ámbito profesional**

### **2.1 Figuras del BIM en el ámbito profesional**

La metodología BIM propone una serie de nuevas funciones que acometen una serie de nuevos roles en el sector AECO (Architecture, Engineering, Construction, Operations). Las cuatro figuras básicas serían: BIM Manager, BIM Specialist, BIM Coordinator y BIM Modeler. Con la difusión de la metodología BIM por el mundo, nuevos profesionales con habilidades y capacidades específicas son requeridos por las empresas del sector. Estos nuevos roles deben ser muy específicos y poseer capacidad para integrarse en equipos multidisciplinares. En toda Europa se están desarrollando hojas de rutas para adaptar BIM a la normativa local y los planes de formación acordes en las Universidades y la formación profesional (FP) para estas nuevas figuras profesionales.

**BIM Coordinator:** la figura del BIM Coordinator está preparada para coordinar el trabajo de una o más disciplinas específicas del proyecto (arquitectura, estructuras, instalaciones). Tiene la capacidad de comprender, utilizar y actualizar los documentos técnicos y operativos de la orden para la elaboración de los documentos y de los modelos. Realiza entre otras, las siguientes actividades: coordina las actividades del BIM Specialist, coordina el contenido informativo de los modelos, trabaja en estrecha colaboración con el BIM Manager y es el enlace con los BIM Modelers. Puede participar en la elaboración del Plan de Ejecución BIM (BIM Execution Plan) en colaboración con el BIM Manager. En resumen, lo podríamos definir como la mano derecha del BIM Manager. Es responsable del proceso de aprendizaje y apoya de manera directa a los BIM Modelers. Se encarga de compartir y distribuir de manera

eficiente los contenidos informativos entre los equipos de modeladores. Convoca y participa en reuniones específicas de coordinación junto con el BIM Manager. Verifica la aplicación del BIM, mide la calidad, y asegura el cumplimiento de las normas establecidas. Se encarga de la extracción de datos de los modelos y de los planos y entregables. Detecta las posibles interferencias y colisiones y propone junto con el BIM Manager las soluciones al modelado.

**BIM Specialist:** la figura del BIM Specialist tiene la capacidad de utilizar el software para la realización de un proyecto BIM acorde a cada una de las tres disciplinas: arquitectura, estructura e instalaciones. El BIM Specialist tiene la capacidad de comprender y utilizar la documentación técnica y operativa de la empresa para la producción de diseños y modelos BIM 3D. El BIM Specialist tiene el papel de modelar la información y puede realizar las siguientes funciones específicas: puede trabajar bajo la supervisión directa del BIM Manager y/o BIM Coordinator. Participa de la coordinación del modelo junto al BIM Coordinator BIM o el BIM Manager.

**BIM Manager:** la figura del BIM Manager tiene la capacidad de gestionar y dirigir proyectos BIM desarrollados por equipos multidisciplinares. El BIM Manager es el máximo responsable de la gestión de la información para todas las empresas involucradas en el desarrollo del proyecto en las tres fases identificadas en la ISO-19650: diseño, construcción y mantenimiento. Es el responsable de la implementación de los procesos y de la estrategia BIM, de la redacción de los documentos técnicos y operativos para la producción de los elaborados y de los modelos (procedimientos y estándares). El BIM Manager conoce las características y el uso de los software de BIM Authoring para las distintas disciplinas. El BIM Manager puede realizar las siguientes funciones: la gestión de la información, como responsable de la misma. Gestiona los flujos de información y organiza los flujos de trabajo. Elige tecnologías digitales específicas a ser utilizadas, participa en la decisión de compra del software y hardware más adecuado para los equipos de modeladores. Valora las necesidades de capacitación de su personal técnico. En conjunción con el Departamento de Sistemas de la empresa, así como con el Departamento de Recursos Humanos (RRHH) y la propia Junta Directiva.

### 3. Estructura y organización del plan de estudios en el Máster BIM Management de la Universidad Pablo de Olavide (UPO)

Es un plan de estudios modular, con una distribución de los 60 créditos ECTS del Máster en dos títulos de postgrado. Por una parte el Título de Experto en BIM y Arquitectura Sostenible, con 15 créditos ECTS. Y por otra parte, el Diploma de Especialización en BIM & VDC (Virtual Design Construction), con 40 créditos ECTS. El restante, los 5 últimos créditos ECTS, lo suponen el TFM (Trabajo Final de Máster) cuando el alumno decide matricularse de forma manual a lo largo de uno o varios cursos académicos que no tienen por qué ser consecutivos. El Título de Experto está compuesto por siete asignaturas, mientras que el Diploma de Especialización está compuesto por veinte asignaturas. Todas las asignaturas obligatorias para la obtención del título de Máster.

**Tabla 1: Plan de Estudios identificando las siguientes dimensiones del BIM: BIM 3D, BIM 4D, BIM 5D, BIM 6D y BIM 7D; identificando dentro de la ISO-19650 las 3 fases descritas: diseño (BIM 3D), construcción (BIM 4D+5D) y Mantenimiento (BIM 7D).**

Título asignatura	Tipo	Num Creditos ECTS
Introducción a la Metodología BIM (Building Information Modeling o Modelado de Información para la Construcción).	Obligatoria	1

BIM 3D. Modelado BIM de la Arquitectura con Autodesk Revit Architecture.	Obligatoria	5
BIM 3D. Modelado BIM de la Estructura con Autodesk Revit Structure.	Obligatoria	2
BIM 3D. Modelado BIM de las Instalaciones con Autodesk Revit MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing).	Obligatoria	2
BIM 3D.Worksharing. Trabajo colaborativo con Autodesk Revit. Collaborative Team Working.	Obligatoria	2
BIM 6D. Calificación y Certificación de la Eficiencia Energética (Método/Opción General) desde Autodesk Revit.	Obligatoria	2
Proyecto individual a desarrollar por el alumno en metodología BIM con Autodesk Revit.	Obligatoria	1
BIM Project Management. Gestión de proyectos en BIM.	Obligatoria	1
Lean Management: Metodología, orígenes y principios.	Obligatoria	0,5
Computational BIM: Dynamo studio. Procedimientos, herramientas y mejora de procesos en BIM.	Obligatoria	3
BIM 3D. Autodesk Revit Architecture: Creación de familias paramétricas para arquitectura.	Obligatoria	1,5
BIM 3D. Autodesk Revit Structure: Creación de familias paramétricas para estructuras.	Obligatoria	1,5
BIM 3D. Diseño avanzado de Estructuras en BIM. Modelado avanzado en Revit Structure.	Obligatoria	3
BIM 3D. Cumplimiento del Código Técnico de la Edificación (CTE): Diseño y cálculo de estructuras en BIM con CYPE.	Obligatoria	3
OpenBIM STR: Interoperabilidad en BIM para Proyectos de Estructuras. Flujo de trabajo entre Revit STR y CYPE Estructuras.	Obligatoria	1,5
BIM 3D+6D. Autodesk Revit MEP: Creación de familias paramétricas para instalaciones.	Obligatoria	3
BIM 3D+6D. Diseño avanzado de Instalaciones en BIM. Modelado avanzado en Revit MEP.	Obligatoria	3
BIM 3D+6D. Cumplimiento del Código Técnico de la Edificación (CTE): Diseño y Cálculo de Instalaciones en BIM con CYPE.	Obligatoria	3
OpenBIM MEP: Interoperabilidad en BIM para Proyectos de Instalaciones. Flujo de trabajo entre Revit MEP y CYPE Instalaciones.	Obligatoria	1,5
BIM 4D. Revisión y Coordinación de Proyectos desarrollados en BIM con Autodesk Navisworks Manage.	Obligatoria	1,5
BIM 4D. Construction Management. Planificación de Obra en BIM.	Obligatoria	1,5
BIM 5D. Mediciones y Presupuestos en BIM desde Autodesk Revit con Arquimides y el Generador de Precios de CYPE.	Obligatoria	1,5
Uso de motores gráficos de renderizado en los procesos de ideación y narración audiovisual de proyectos en BIM. Motores en Render en Tiempo Real.	Obligatoria	1,5
Realidad Aumentada (AR) y Realidad Virtual (RV) desde Autodesk Revit.	Obligatoria	1,5
Escaneado Láser 3Dy modelado de Nube de Puntos en BIM con Autodesk	Obligatoria	1,5

Recap y Revit para Proyectos de Rehabilitación, intervención en el patrimonio y modelos BIM "as-built".		
BIM 7D. Facility Management. Gestión de activos en BIM.	Obligatoria	1,5
Proyecto individual a desarrollar por el alumno en metodología BIM con Autodesk Revit.	Obligatoria	4
TFM Trabajo Fin de Máster	Obligatoria	5

Objetivos Generales que se persiguen: dotar al profesional de las herramientas necesarias para que pueda desarrollar un proyecto de edificación a nivel de Proyecto de Ejecución como si de un proyecto profesional se tratase y que tuviera ser visado en la práctica profesional.

Objetivos Específicos:

- Habilitar al alumno para ejercitar la labor profesional de BIM Manager en cualquier empresa del sector AECO bajo esta nueva metodología de trabajo interdisciplinar denominada BIM (Building Information Modeling).
- Hacer profundizar al profesional en el BIM (Building Information Modeling) como metodología de trabajo que se ha impuesto en el marco de la arquitectura y la ingeniería internacional.
- Enfrentarse a un proyecto en BIM con un enfoque profesional.
- Ser capaz de asesorar en la implantación BIM en estudios y empresas de arquitectura e ingeniería.

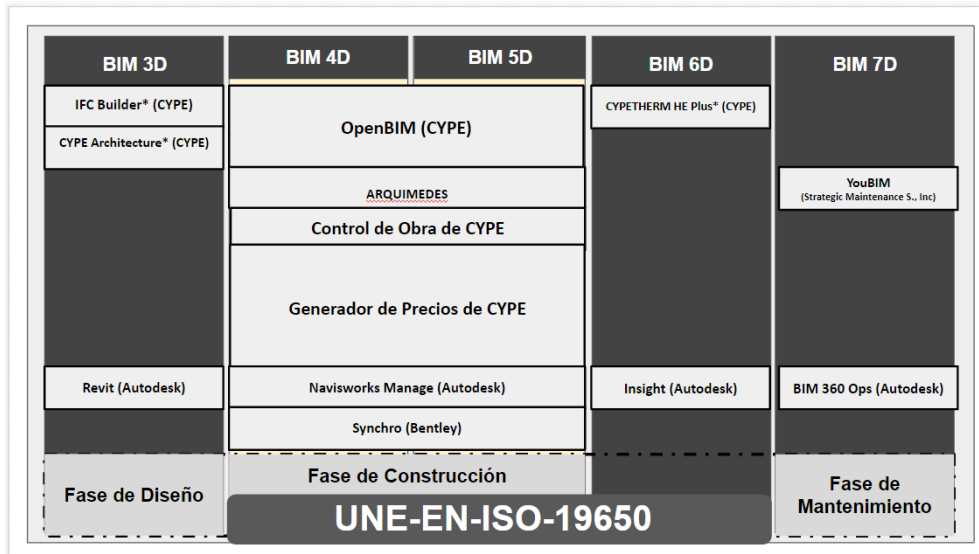
Competencias a adquirir, competencias Generales:

- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.
- Capacidad de investigación.
- Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.
- Capacidad para plantear, identificar y resolver problemas.
- Conocimiento de informática en arquitectura.
- Conocimiento de informática en ingeniería.
- Capacidad de organización y planificación.
- Trabajo en equipo interdisciplinar.
- Trabajo en un contexto internacional.
- Motivación por la calidad.
- Sensibilidad a temas ambientales.

Competencias Específicas:

- Capacidad para interactuar con especialistas de otras disciplinas.
- Habilidad para utilizar técnicas y herramientas modernas de dibujo arquitectónico.
- Habilidad para interpretar y analizar resultados.
- Habilidad para aplicar conocimientos de arquitectura.
- Habilidad para aplicar conocimientos de ingeniería.
- Conocimientos instrumentales aplicados a la arquitectura.
- Conocimientos instrumentales aplicados a la ingeniería.
- Conocimientos de la arquitectura y problemas de conservación del Patrimonio histórico e industrial.

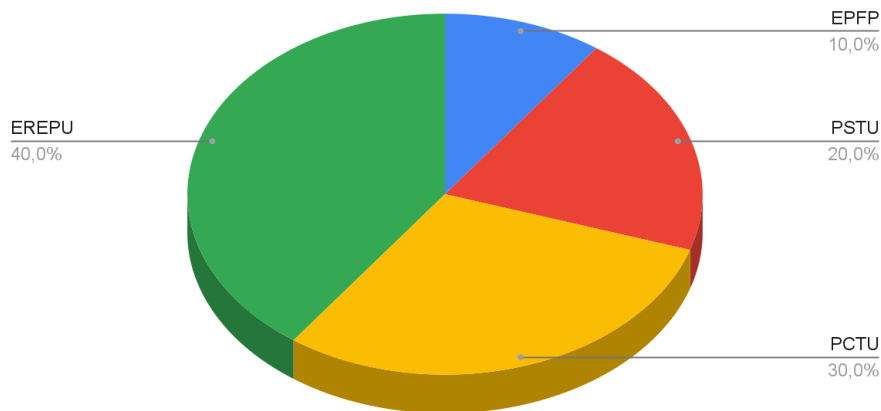
**Figura 1: Mapa de software usado por los alumnos del Máster, en relación a las dimensiones del BIM y las tres fases de la UNE-EN-ISO-19650.**



#### 4. Caso de estudio: experiencia BIM e innovación docente a través de la colaboración en la nube en el Máster BIM Management de la Universidad Pablo de Olavide (UPO)

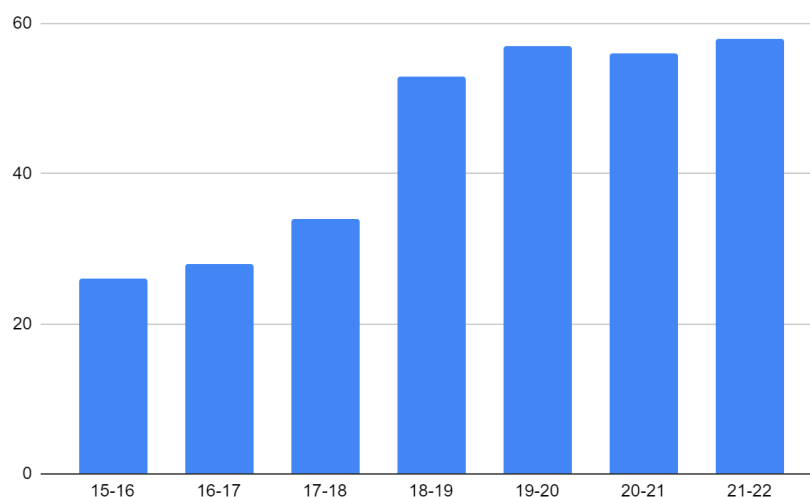
Las ventajas de usar una plataforma colaborativa BIM en el flujo de trabajo diario de los departamentos técnicos, les permite trabajar en BIM ofreciendo al proyectista numerosas ventajas. Una de ellas es el reconocimiento de la importancia de concebir el proceso de diseño y construcción en una dimensión más amplia, donde la sistematización de todo lo que se analiza antes del proyecto y de sus procesos productivos internos, se transforma en un elemento fundamental del que depende todo el proceso posterior. Mayor precisión y eficiencia, interoperabilidad, productividad y control. Minorando, por tanto: las interferencias entre disciplinas (estructuras-instalaciones), errores durante la fase de ejecución, coste de construcción y la inoperancia.

**Figura 2: Distribución media en el intervalo de 2015 a 2022 por perfil de procedencia matrícula.**



Dónde EPFP son estudiantes que provienen de algún módulo o ciclo de FP (delineantes, etc) y representan el 10% en estos siete cursos académicos. Frente al 40% que representan los EREPU, o estudiantes recién egresados provenientes de la Universidad. El 50% restante, corresponde a profesionales, siendo el 20% los PSTU, es decir, los profesionales sin titulación universitaria, y el 30% restante son profesionales con titulación universitaria (Arquitectos, Ingenieros), PCTU.

**Figura 3: Cifras absolutas de alumnos matriculados entre los cursos académicos 2015-16 y 2021-22.**



Siempre se ha mantenido un mínimo de 26 alumnos matriculados desde el curso académico 2015-16. El crecimiento se produjo durante el curso académico 2018-19 cuando la Universidad decide abrir una Modalidad Online independiente y separada del grupo de alumnos de la Modalidad Presencial, en la que en adelante, para los cuatro cursos sucesivos, la Modalidad Presencial tendrá su límite físico del aforo del aula (34 puestos), mientras que la Modalidad Online no hay límite a priori (Campus Virtual que puede acoger hasta 200 matrículas). No obstante, hay que notar que en el curso académico 2021-22 el aforo del aula presencial es limitado en 25 por normativa COVID. Esto hace que realmente sea el primer año en el que la cifra de alumnos matriculados en Modalidad Online supere a la cifra de



alumnos matriculados en la Modalidad Presencial.

## **5. Experiencias de aplicación BIM entre 2015 y 2022 en el Máster BIM Management de la Universidad Pablo de Olavide (UPO)**

Respecto a la Metodología, la asistencia a clase mínima del 80 % y entrega obligatoria de un ejercicio final de curso (Trabajo Final de Máster, TFM). La evaluación se calcula en función a los siguientes porcentajes: asistencia un 75 % y TFM un 25 %. La docencia combina clases teóricas con clases prácticas de tipo instrumental donde es adquirido el uso y manejo de las diferentes herramientas de software. En las clases se realizan además ejercicios tutorizados y revisados por el cuadro docente, e independientemente también se envían para casa la realización de tareas y ejercicios por parte de los alumnos.

Como proyecto final, TFM, el alumno debe desarrollar un Proyecto en BIM, de temática a elegir libremente por el alumno. Se desarrolla hasta un nivel equivalente al Proyecto de Ejecución (LOD-450). Existe un calendario de entregas y pre-entregas: con un mínimo de tres pre-entregas: de Estructuras, de Instalaciones y entrega final al término de la docencia. El trabajo consiste en la elaboración y desarrollo de un proyecto en metodología BIM incluyendo el cálculo, las mediciones y la representación del proyecto mediante herramientas de Realidad Aumentada (AR) y Realidad Virtual (VR). En el sistema de evaluación la revisión y calificación del TFM, es del 1 al 10, del trabajo final de Máster es presentado y defendido por el alumno ante un tribunal constituido a tal efecto con una serie de créditos asignados al TFM equivalentes a 5 créditos ECTS.

El sector AEC, y especialmente la gestión de costes y ejecución de obras en el sector de la construcción, no ha experimentado grandes avances en las últimas décadas. Se utiliza un sistema de gestión extraordinariamente ineficiente, basado en multitud de tareas manuales y repetitivas realizadas por personas, sin automatizar, causantes la mayoría de las ocasiones de múltiples errores, traducidos en problemas de costes y ejecución en la actividad diaria de la obra. A esto hay que sumar la cantidad de horas, coste de personal, dedicadas a la implementación de los cambios y modificaciones que surgen durante la obra, provocando el cese de la actualización de la documentación de proyecto o que, si se sigue realizando, se haga de manera dispersa y descoordinada.

El diseño de la obra de construcción se realiza en el procedimiento 2D aislando las partes del proyecto y contemplándolas por separado: arquitectura, estructura e instalaciones), pero nunca son puestas en común en una fase previa a la ejecución de obra, o, en cualquier caso se realiza superponiendo en 2D diferentes disciplinas de manera muy elemental y siempre obviando la altura de los elementos, por ejemplo. Trasladando la resolución de esos problemas directamente a la obra en el mismo momento en el que se está ejecutando, restando tiempo de reflexión sobre el problema y aumentando exponencialmente los costes de implementación. Con la Metodología BIM puede simularse una construcción virtual con suficiente antelación a la puesta real en obra como para encontrar los problemas de implementación y coordinación del proyecto a realizar, pudiendo solventarlos con tiempo suficiente como para poder llegar a la solución más óptima desde el punto de vista técnico y económico.

Existe un gran problema en el control de costes de una obra que provoca una incertidumbre mayúscula en el proyecto de construcción mediante el sistema 2D. Viene motivado por el sistema tan rudimentario utilizado para calcular las mediciones de proyecto, las cuales se realizaban de forma muy obsoleta y nada intuitiva, provocando fácilmente gran cantidad de errores, los cuales añadían bastante incertidumbre al coste total de la obra. Dicha previsión de costes va modificándose y conociéndose con mayor certidumbre conforme se va avanzando en la obra y comprobando varias veces las mediciones, de manera que es imposible anticipar las desviaciones de dichos costes con suficiente antelación como para

poder solventarlos, puesto que es prácticamente imposible estar seguro totalmente de que las mediciones son correctas al 100%.

La obra se inicia como un proceso hacia lo desconocido y con gran preocupación por la incertidumbre del resultado final y sobre si se finalizaría con éxito el proyecto emprendido. Como solución a este problema, para quedar desde el lado de la seguridad, en el método de medición en 2D, se introducen una serie de correcciones al alza de forma que quedarán como reserva para posibles errores, pero esto nos hace darnos cuenta que con estos procedimientos, el técnico se aproxima de manera subjetiva y estimativa a algo tan vital para la obra como es el coste de ésta, de manera que si en mitad del proceso vemos que no hay recursos suficientes para terminar dicha obra se tenga que abandonar el proyecto sin terminarlo con los problemas mayúsculos que esto ocasiona a los agentes intervinientes.

Se ha descrito la problemática anterior sin mencionar siquiera el impacto que provoca en dicha incertidumbre los cambios que se hacen durante la obra que se implementan como soluciones temporales sobre lo que ya está hecho, de manera que es prácticamente imposible llevar dichos costes actualizados sin dedicar una cantidad ingente de horas, recursos a mantenerla actualizada de una manera harta ineficiente. El modelo BIM se relaciona directamente con el programa de mediciones y presupuestos de manera que todas las unidades modeladas se encuentran reflejadas y conectadas en esa estructura de costes, de manera que cuando se realiza cualquier cambio es actualizada automáticamente y en todo momento se conoce el coste total de la obra a realizar.

En la Universidad Pablo Olavide de Sevilla durante el *Máster BIM Manager for Project Management & Lean Construction* durante el curso académico 2018-19, como búsqueda de solución a los múltiples problemas e ineficiencias que ocurren en la actividad diaria del proceso constructivo. En el Master se imparten, entre otros, conocimientos de modelado BIM, gestión de datos del modelo y costes. En base a esos conocimientos, comenzó la aplicación de éstos para la resolución de problemas en la actividad profesional diaria, fundamentalmente en la gestión de costes, información y materialización de proyectos en obra.

Las principales mejoras obtenidas en la actividad profesional han sido las siguientes: aumento en la cantidad de información manejada durante el proceso constructivo, aumento en la frecuencia de actualización de la información de proyecto, aumento de la coordinación de dicha información en base a un modelo digital, replanteos e implementaciones de los diferentes elementos a construir anticipando problemas con el suficiente tiempo como para poder ser resueltos disminuyendo el coste adicional, disminución de errores de información en la ejecución de obra, aumento en la precisión de la cuantificación de los elementos a construir, permitiendo la actualización en tiempo real de la planificación de costes de la obra.

Caso de éxito de la colaboración en la nube para el proyecto de planta de tratamiento de aguas: Se recibe el encargo de la colaboración en un proyecto de diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas. Nuestro cometido será, partiendo de un edificio modelado por otro agente y de un esquema P&ID de la instalación, realizar el modelado de dicha instalación, de manera que quede implementada en el edificio que se va a construir y poder sacar la información necesaria, cualitativa y cuantitativa de dicha instalación. De nuestro servicio se espera: conseguir anticipar errores, evitar contradicciones y/o indefiniciones de proyecto, implementar la instalación en el edificio a construir, conseguir un modelo que sirva para un futuro mantenimiento de la instalación, reflejando y etiquetando tuberías y elementos singulares de la instalación y la definición de los soportes necesarios para las tuberías de la instalación. Se recibe como documentación inicial, un edificio modelado por otro agente y un esquema P&ID de la instalación a implementar.

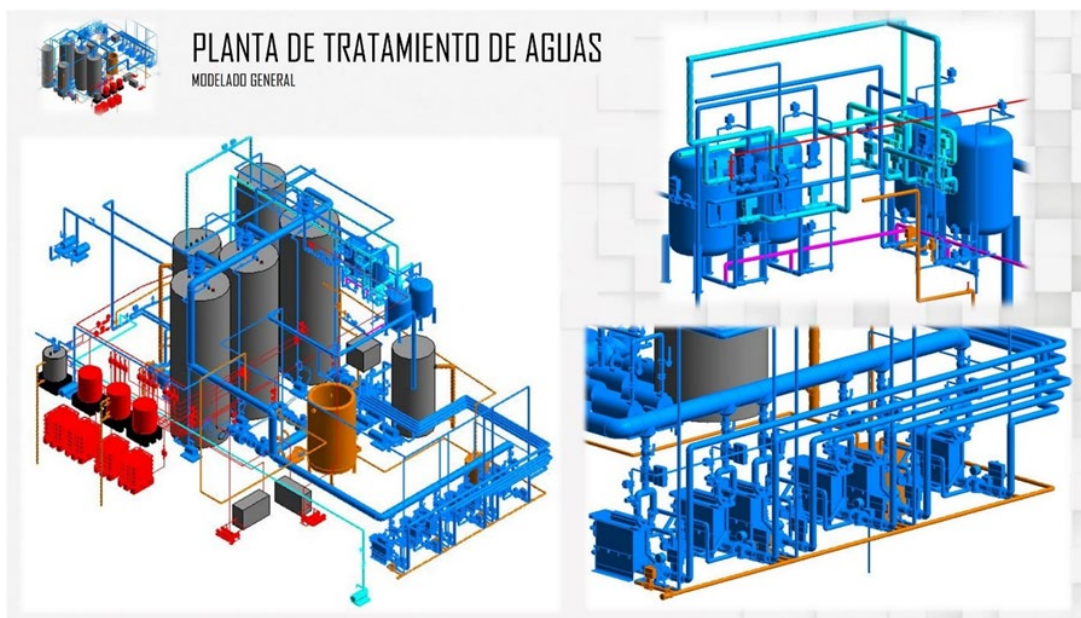
Una vez recibida dicha documentación, se procede al modelado completo de la instalación. Ese proceso constituye una simulación virtual de la instalación que se pretende llevar a

cabo. La instalación tiene diferentes líneas de proceso y diferentes componentes, representados en el esquema por diferentes colores. Dichos colores se trasladan al modelo de manera que se localizan muy intuitivamente y facilita el trabajo con las diferentes líneas de proceso que componen la instalación. Se incluye en el modelado la valvulería y elementos de la instalación, asignándole dos parámetros de nomenclatura, uno de la ingeniería y otro del cliente, de manera que cada elemento incluye información de ambos agentes.

Una vez modelada la instalación, se realizan videoconferencias para auditar el modelo y comentar con pantalla compartida las interacciones con el edificio y replanteo de instalación. Es fundamental el tratamiento de la información en un modelo con gran cantidad de elementos. La organización del modelo se plantea asignando un Sistema a cada una de las seis líneas de proceso que tiene la instalación, de manera que cada tubería queda asignada a cada Sistema quedando ordenada la información. En cualquier momento puede filtrarse la información por Sistema y conocer los elementos integrantes de cada proceso y su cuantificación.

En algunos puntos importantes de la instalación se realiza un modelado más exhaustivo. Finalmente, el resultado se exporta a Navisworks, quedando un solo modelo, con edificio e instalaciones, de manera que puede consultarse cualquier punto de la instalación, conociendo referencia, sistema al que pertenece y cuantos parámetros configuremos.

**Figura 4**



La implementación de la tecnología BIM en el sector AEC es fundamental para la optimización del proceso de Proyecto y Construcción. Se hace necesaria una simulación de la construcción previa virtual del elemento que se está diseñando a modo de prototipo para poder anticipar las complicaciones que encontraremos para materializar dicho diseño. Esta anticipación permite una optimización de costes y eliminar muchas incertidumbres del proceso constructivo ya que la mayoría de problemas que antes se encontraban durante la materialización de los proyectos en el momento justo de su construcción, sin margen de reacción, ahora pueden anticiparse en el proceso de diseño y poder repensarlos con más tiempo para poder encontrar la solución más óptima y rentable.

Las principales mejoras obtenidas en la actividad profesional con la implementación de la tecnología BIM han sido los siguientes: aumento en la cantidad de información manejada

durante el proceso constructivo, aumento en la frecuencia de actualización de la información de proyecto, aumento de la coordinación de dicha información en base a un modelo digital, replanteos e implementaciones de los diferentes elementos a construir anticipando problemas con el suficiente tiempo como para poder ser resueltos disminuyendo el coste adicional, disminución de errores de información en la ejecución de obra y aumento en la precisión de la cuantificación de los elementos a construir, permitiendo la actualización en tiempo real de la planificación de costes de la obra.

## **6. Innovación educativa: la colaboración en la nube (según la ISO-19650) para proyectos desarrollados con metodología BIM**

Los proyectos BIM requieren de una meticulosa planificación y muchísimo trabajo en equipo. Es ese el punto clave en el que hemos incidido estos siete cursos académicos: que los alumnos aprendan a trabajar en equipo. Para, cuando se integren en equipos profesionales sepan desenvolverse en flujos de trabajo multidisciplinares. Y la tecnología que ha articulado tal metodología docente, ha sido el uso de un CDE acorde a la UNE-EN-ISO-19650, esa ha sido la gran innovación docente en el Máster BIM Management de la UPO. Ya que las etapas de diseño y construcción se realizan a la par para disminuir el tiempo total del proyecto. Por lo tanto, para tener éxito, necesitan los alumnos aprender un flujo de trabajo estandarizado que sea fácil de entender durante todos los meses de docencia.

Tal y cómo conocen luego desenvolviéndose en un ámbito profesional: no hay lugar a error, ni retrasos ni suposiciones son tenidas en consideración. Durante el confinamiento, tuvimos realmente la prueba de fuego, muchos proyectos de alumnos en curso se vieron trastocados. Incidir en el uso del CDE, la correcta organización de carpetas de información y la aplicación de los hitos de intercambio descritos en la Parte 1 de la ISO-19650 demostraron que la tecnología estaba haciendo su mejor trabajo en los momentos que más se necesitaba.

Debido al alto nivel de colaboración que requieren los proyectos BIM, uno de los mayores desafíos fue seguir siendo eficientes mientras los alumnos y profesores trabajamos de forma remota. Se realizaron reuniones de coordinación docente, para organizar a los alumnos como si equipos de modeladores fuesen en una empresa, se buscaron formas de mejorar el flujo de trabajo siempre acorde a la ISO-19650 y mediante la correcta implantación del CDE delimitando muy bien ámbitos de actuación de profesores y alumnos organizados por roles, y cada uno con sus correspondientes permisos de lectura y edición en determinadas fases de cada proyecto. Mejoramos el flujo de trabajo actual y precedente en ediciones anteriores del Máster.

Superamos el desafío que supuso el confinamiento. Los alumnos aprendieron a cambiar la manera de pensar adquirida en la Universidad, y el ámbito profesional, para el caso de los alumnos que ya eran profesionales, aprendieron a pasar de un flujo de trabajo tradicional a uno basado en la nube y la colaboración. En los proyectos BIM, la fase de construcción comienza antes de que finalice el desarrollo del diseño, por lo que no hay espacio para cosas fuera de control en el proyecto. Esto requiere una gran cantidad de coordinación entre los participantes en fase de diseño y también los destinados a fase de obra en un juego de roles entre profesores y alumnos.

Durante el Máster se ejecutaban modelos de Revit para cada disciplina, utilizando modelos centrales dentro del CDE. De esta manera, los miembros involucrados podrían colaborar a través de internet a medida que avanza el cronograma y planificación propuesta por los profesores. Objetivos logrados por los alumnos durante el Máster: aumentar la productividad, lograr una colaboración de requerimiento muy alto y cumplir con los requisitos de información de los profesores, como si estos fuesen los clientes.

**Figura 5. Niveles de la información en los procesos de intercambio en un Common Data**

**Environment (CDE) acorde a la UNE-EN-ISO-19650.**



Implementamos un flujo de trabajo estandarizado en la nube para el desarrollo de los modelos de diseño, donde todos los alumnos de un proyecto, incluidos los profesores, pudieran revisar la información en tiempo real. Con el uso del CDE esto fue posible, nuestros alumnos podían trabajar en el servidor Construction Cloud de Autodesk y colaborar con el resto de equipos de su proyecto. Además, los miembros del proyecto podían editar, sincronizar y publicar información de diseño en tiempo real, reduciendo los retrasos en la comunicación, evitando fallos y errores humanos.

Como resultado de la implementación de estas nuevas tecnologías, hemos podido reducir los retrasos en la comunicación con los alumnos y entre los alumnos. Evitamos los fallos informáticos cuando los alumnos manejaban servidores locales y hemos logrado optimizar el proceso de sincronización a la nube de los modelos BIM hasta en un 50% en comparación con el flujo de trabajo tradicional. Otro factor importante es la elevada empleabilidad entre los egresados, ya que un 80% de titulados se insertan al mundo profesional rápidamente, siendo principalmente los perfiles más demandados por las empresas AECO y por orden: BIM Modellers, BIM Manager, BIM Specialist, BIM Coordinator. El 20% de titulados restante encuentra trabajo dentro del BIM en menos de 6 meses de media.

## 7. Conclusiones

La cobertura curricular de BIM es amplia permitiendo a su vez que la contratación del egresado sea más eficaz y eficiente. La experiencia con BIM comienza en la formación tecnológica y metodológica. Existe la necesidad de establecer y mejorar el conocimiento, las habilidades y la experiencia de BIM tanto en la ingeniería como en la arquitectura actual desde el diseño de la construcción hasta en la explotación de las instalaciones. Además, los avances en software y tecnologías continúan (diseño a fabricación, automatización, impresión 3D, técnicas láser, renders en tiempo real, estudios de costes, estudios de eficiencia energética, etc.) y se debe garantizar la colaboración.

Lo anterior permite que la nueva tecnología mejore la productividad, la calidad, la seguridad, reduciendo los errores y los tiempos de ejecución. Un marco académico BIM de posgrado, debe permitir a los profesionales BIM conocer las nuevas maneras de trabajar en diseño de proyectos colaborativos y conseguir que tanto el estudiante como el profesional pueda especializarse en alguna dimensión o poder ejercer con éxito alguna figura competente BIM

(management - coordinator - modeller, etc.). Capacitar tanto al profesional como al recién graduado en programas BIM basados en competencias y habilidades conduce al dominio y mejora del rendimiento académico mediante la formación de posgrado especializada por módulos de aprendizaje creando valor añadido.

La estrategia relativa a BIM mediante el uso del enfoque por módulos de aprendizaje y colaboración activa en la nube es exitosa y se espera que ayude a los profesionales de la ingeniería y la construcción para estar preparados para las necesidades de la industria en el futuro. Por último, destacamos las buenas cifras de empleabilidad en el mercado laboral durante y tras la finalización del Máster.

## Bibliografía

- Sacks, R. & Pikas, E. (2013). Building information modeling education for construction engineering and management. i: industry requirements, state of art, and gap analysis. *J. Constr. Eng. Manag.*, 11, 196–201.
- Kim, H. (2013) *A Study on the BIM learning alternatives in architectural education. master's thesis, master of science, university of seoul, Seoul, Korea.*
- Abdirad, H. & Dossick, C.S. (2016). BIM curriculum design in architecture, engineering, and construction education: a systematic review. *J. Inf. Technol. Constr.*, 21, 250–271.
- Yun, S. (2019). Uncomfortable cohabitation of the department of architecture and architectural engineering in the era of convergence. *Architecture*, 63, 10–11.
- Jin, R., Yang, T., Piroozfar, P.; Kang, B.G., Wanatowski, D., Hancock, C.M. & Tang, L. (2018). Project-based pedagogy in interdisciplinary building design adopting bim. *Eng. Constr. Arch. Manag.*, 25, 1376–1397.
- España. La importancia de la Plataforma Colaborativa BIM (2019, 5 marzo). Obtenido 28 de noviembre del 2021. Disponible en: <https://biblus.accasoftware.com/es/plataforma-colaborativa-bim/>
- Vincke, Stan, R. de Lima Hernandez, M. Bassier, & M. Vergauwen. (2019). Immersive visualisation of construction site point cloud data, meshes and bim models in a vr environment using a gaming engine. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences-ISPRS Archives* 42: 77–83.
- Lin, Z.Y., Petzold F. & Ma, Z.L. (2019) *A real-time 4d augmented reality system for modular construction progress monitoring*. 36 th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2019).
- Tori, R. & Hounsell, M. S. (Eds.). (2018). *Introdução a realidade virtual e aumentada*. Porto Alegre: Editora SBC
- UNE-EN ISO 19650-1:2019. 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 (Building Information Modelling). Parte 1: Conceptos y principios. (ISO 19650-1:2018).
- UNE-EN ISO 19650-2:2019. 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 (Building Information Modelling). Parte 2: Fase de

desarrollo de los activos. (ISO 19650-2:2018).

UNE-EN ISO 19650-3:2021. 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. Parte 3: Fase de operación de los activos. (ISO 19650-3:2020).

UNE-EN ISO 19650-5:2020. 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. Parte 5: Enfoque de seguridad en la gestión de la información. (ISO 19650-5:2020).

UNE-EN ISO 16739-1:2020 (Ratificada). Intercambio de datos en la industria de construcción y en la gestión de inmuebles mediante IFC (Industry Foundation Classes). Parte 1: Esquema de datos (ISO 16739-1:2018) (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en abril de 2020.)

### **Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible**

