

## INTRODUCCIÓN AL MODELADO DE INFORMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN (BIM) EN EDIFICACIONES E INFRAESTRUCTURAS DE INGENIERÍA

Adela P. Galvín, Auxi Barbudo, Jesús Ayuso, Alfonso Caballero, Manuel G. Beltrán, Julia Rosales, Antonio López-Uceda

**apgalvin@uco.es**

Universidad de Córdoba

Received: 05/04/2019

Accepted: dd/mm/yyyy

### Abstract

The current technical requirement of the management of design programs in the Civil Engineering and Building sector leads to raise the need for training of future professionals in BIM technologies (Building Information Modeling).

Through this Teaching Innovation Project, a model for the implementation of this tool has been developed. The tool has been adapted into the current educational program of each subject and to the required competences. The methodology and theoretical and practical knowledge of the BIM tool have been taught to approximately 40 students belonging to three different university degrees and levels. The results obtained show a satisfactory evaluation by the students. The growing professional needs are met, and the skills of university students are enriched by teaching new design tools

**Keywords:** BIM, Training, Innovation, Competencies

### Resumen

La actual exigencia técnica del manejo de programas de diseño en el ámbito de la Ingeniería Civil y la Edificación lleva a plantear de forma indispensable la necesidad de formación de los futuros profesionales en tecnologías BIM (Building Information Modeling).

Mediante el presente Proyecto de Innovación Docente se ha desarrollado un modelo de implantación de esta herramienta adaptándolo al programa actual de cada asignatura y a las competencias exigidas. La metodología y conocimientos teóricos y prácticos de la herramienta BIM han sido impartidos a 40 alumnos aproximadamente pertenecientes a tres títulos y niveles universitarios diferentes. Los resultados obtenidos muestran una evaluación satisfactoria por parte de los alumnos, respondiendo mediante la enseñanza de nuevas herramientas de diseño a las crecientes necesidades profesionales y enriqueciendo las habilidades de los estudiantes universitarios.

**Palabras clave:** BIM, Formación, Innovación, Competencias

### 1. INTRODUCCIÓN

Para cada titulación, la Universidad a través de sus docentes debe ser capaz de formar en nuevas competencias que doten a los profesionales egresados con una formación que mejore su relación con el ámbito social y empresarial al que se enfrentan. El presente Proyecto de Innovación se desarrolla para cubrir la formación básica de docentes en las nuevas herramientas de diseño en ingeniería e introducir a los alumnos en su conocimiento y aplicación.

En los últimos años se ha producido un cambio en el sector de la construcción, por ese motivo, la formación universitaria debe adaptarse a las nuevas tendencias del sector laboral [1]. Desde Febrero de 2014, la Industria de la Construcción Española ha estado sujeta a la Directiva UE 2014/24/UE<sup>1</sup>, la cual invita a modernizar la contratación pública europea y reducir los costes en los 28 Estados miembros de la UE. Esta directiva permite a los Estados miembros a fomentar, especificar e incluso requerir el uso de Building Information Modeling (BIM) para proyectos de construcción financiados con fondos públicos de la UE a partir de 2016. La formación universitaria de los futuros profesionales para la consecución de los objetivos europeos fijados es muy escasa. Actualmente, la formación académica en la universidad se está esforzando por incorporar paulatinamente la metodología BIM [2], en búsqueda de dos avances principales:

1. la preparación para un entorno profesional marcado por esta metodología,
2. la mejora en el aprendizaje global propiciada por “diseño comprensivo” característico del entorno BIM [3].

Pero a día de hoy la implantación de conocimientos de BIM en diferentes asignaturas es casi inexistente, actualmente solo el 23% de los Grados de Ingeniería y Arquitectura de España introducen el aprendizaje de esta herramienta dentro de sus planes de estudio [4].

Desde el punto de vista docente entendemos que es necesario la incorporación de la metodología BIM a los nuevos estilos de aprendizaje en ingeniería como herramienta para uso profesional y como un instrumento TIC idóneo para fomentar la calidad y diversidad de la docencia y un factor de integración y cohesión en el contexto de una estrategia global de desarrollo de competencias del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) [5].

---

<sup>1</sup> European Parliament (2014). Directive 2014/24/UE of 26 February 2014 on public procurement and repealing Directive 2004/18/EC. Accessed 10th May 2015

Por todo ello, la formación del profesorado en este ámbito para el desarrollo del conocimiento de la herramienta BIM de forma continua en el aula asociada a los conocimientos impartidos actualmente y la aplicación de esta herramienta en proyectos concretos es de gran utilidad para el avance de la formación. El análisis de la implantación de BIM en la universidad y la demanda profesional pone de manifiesto la necesidad de introducir formación BIM en la educación oficial, tanto universitaria como en másteres. Mediante el Proyecto de Innovación Docente se ha desarrollado la formación de los profesores para implementar las asignaturas con nuevos contenidos y actividades asociando BIM a los conceptos de cada asignatura, creando nuevos materiales didácticos que lleven a un mayor desarrollo de los alumnos que han adquirido estos nuevos conocimientos y han aplicado la herramienta de diseño durante el curso de forma presencial y online mediante un continuo seguimiento del profesor que ha hecho posible el logro de nuevos conocimientos y aplicación de nuevas herramientas en el aula.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal que aborda el presente proyecto es que el estudiante adquiera las competencias específicas de Ingeniería de la Construcción recogidas en los actuales planes de estudio que lo habiliten mejor para el ejercicio profesional. Para la adquisición de estas competencias es necesario el conocimiento de nuevas herramientas informáticas y asociar su uso y aplicación a los conocimientos teórico-prácticos impartidos en las asignaturas. Es importante la inclusión de metodologías novedosas de trabajo en el aula que estén estrechamente relacionadas con las exigencias del mercado laboral.

Para conseguir este objetivo principal, el Proyecto de Innovación plantea los siguientes objetivos secundarios:

- Formar al profesorado de nuevas metodologías de diseño en Ingeniería
- Introducir al alumnado al modelado BIM mediante la aplicación práctica en diferentes softwares
- Satisfacer las expectativas del alumnado sobre el diseño práctico de proyectos de Ingeniería

## 3. MATERIAL Y MÉTODOS

Para el desarrollo de los objetivos del proyecto se ha seguido la planificación propuesta en tres fases (ver Figura 1).

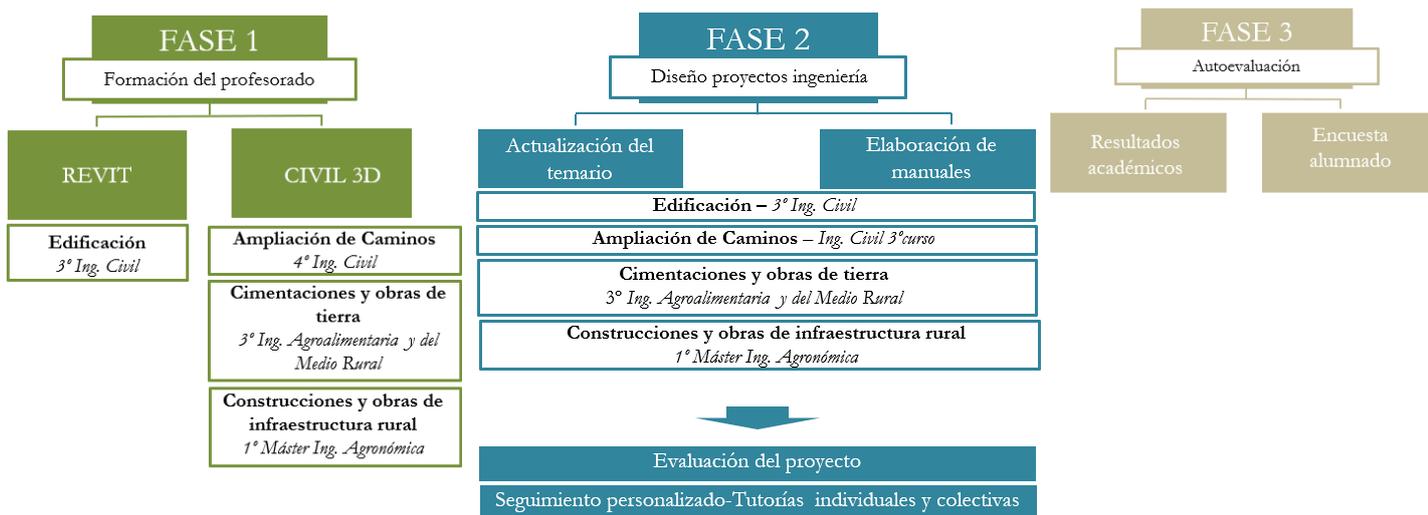


Figura 1. Metodología

### 3.1 FASE 1: FORMACIÓN DEL PROFESORADO.

La fase inicial del Proyecto de Innovación Docente ha consistido en la formación del profesorado encargado de desarrollar la correspondiente herramienta BIM en su asignatura. Para ello, cada uno de los participantes en este proyecto han recibido formación específica de la herramienta a desarrollar, a excepción del Prof. Dr. Alfonso Caballero, debido al recorte presupuestario en la concesión del proyecto (aún en este caso, el profesor ha sido formado por el profesor Jesús Ayuso que ha realizado el curso de formación e implementado dicha metodología en su asignatura). De igual forma, el curso de Infracworks planteado inicialmente, se vió anulado por falta de presupuesto.

De esta forma, los cursos de formación de profesorado han sido los siguientes :

- 1 curso de 25 h lectivas de REVIT ARQUITECTURA (nivel básico)
- 1 curso de 20 h lectivas de REVIT ESTRUCTURA (nivel básico)
- 2 cursos de CIVIL 3D (nivel intermedio)

De forma simultánea, durante el desarrollo de cada una de las actividades y proyectos en el aula, la colaboración y supervisión entre profesores ha sido continua.

El resto de participantes en el proyecto han trabajado conjuntamente en la elaboración de material didáctico, informes, y encuestas, así como asesoramiento técnico para la impartición de dicha metodología.

### 3.2 FASE 2: DISEÑO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA CON BIM

Para cada una de las asignaturas reflejadas en la Figura 1 se llevó a cabo el desarrollo práctico mediante herramientas BIM de los conocimientos teóricos adquiridos. Se ha implantando un nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje mediante el cual se han desarrollado las siguientes actividades en el aula :

- Actualización de temario de cada asignatura. Se han seleccionado los conceptos teóricos claves de cada una de las herramientas BIM y se han introducido en el temario existente.
- Se ha iniciado la elaboración de manuales de autoaprendizaje de cada herramienta BIM para que, de forma sencilla, los alumnos puedan seguir de manera autónoma los mismos, sirvan de apoyo para la comprensión de cada software, y para la elaboración de los proyectos. En este aspecto, se pretende profundizar y mejorar en la continuación de este proyecto (ya aprobada) el próximo curso académico.
- Elaboración de ejercicios sencillos entregables durante el curso para llevar a acabo la práctica y el desarrollo de la tecnología BIM en la asignatura, en los que se combinan conceptos teóricos, prácticos y resolución de los mismos mediante herramientas BIM.
- Evaluación del Trabajo de diseño y cálculo (Proyecto). De esta forma se comprueban las competencias adquiridas por los alumnos.

En las figuras 2-6 se muestran evidencias de los manuales elaborados para cada una de las asignaturas impartidas.

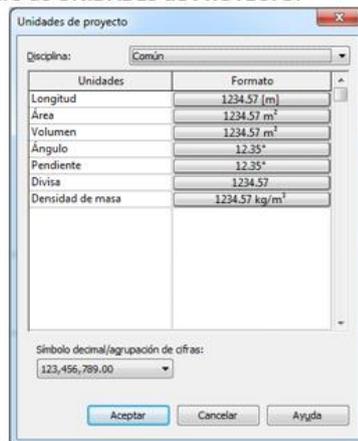
## 7. Nuevo proyecto de REVIT

### Plantilla arquitectónica

Creamos un proyecto a partir de una plantilla (y no una plantilla a raíz de una plantilla)

#### 7.1. Unidades de proyecto

Lo primero que haremos es verificar las unidades de trabajo, utilizando la combinación de teclas **UN** para abrir el cuadro de **UNIDADES de PROYECTO**.



Esta opción también está disponible desde la ficha **GESTIONAR**, en el apartado **CONFIGURACIÓN**.



#### 7.2. Escala

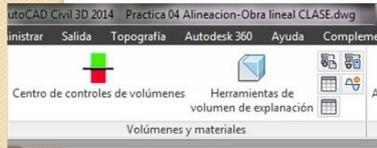
Si deseamos cambiar la escala, se pincha sobre ella y sale el desplegable. Se pueden poner diferentes escalas en diferentes vistas.

Se tratan escalas de visualización e impresión, por lo que, si creamos un texto y le damos una altura, ésta se mantendrá independiente de la escala que marquemos.

Figura 2. Muestra de manual elaborado para la impartición de Revit en la asignatura de Edificación de 3º Ing. Civil

# Sección transversal. Ensamblajes

## TRABAJAREMOS CON LA PESTAÑA ANALIZAR



### •VOLUMENES Y MATERIALES:

- Informe de Volumen
- Calcular Materiales
- Tabla de volúmenes totales
- Diagrama de masas
- Tabla de volúmenes del material

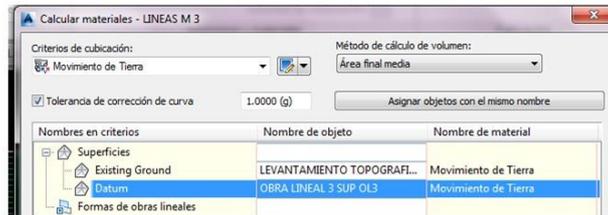


# Sección transversal. Ensamblajes

## CALCULO DE LOS VOLUMENES DE DESMONTE Y TERRAPLEN DE LAS TIERRAS: MOVIMIENTO DE TIERRAS



•Calcular Materiales. PULSAR EN ESTE ICONO → Escogemos la alineación y el grupo de líneas de muestreo → Aceptar



•Escogemos movimiento de tierras o Earthworks en criterios de cubicación.

- ExistingGround → TERRENO
- Datum → SUPERFICIE DE LA OBRA LINEAL → aceptar

## Nociones básicas

Civil denomina a la sección transversal, ENSAMBLAJE y se diseña en base a todas las opciones que da civil en el botón de PALETA DE HERRAMIENTAS

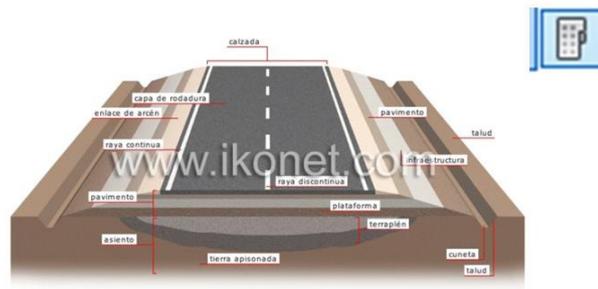
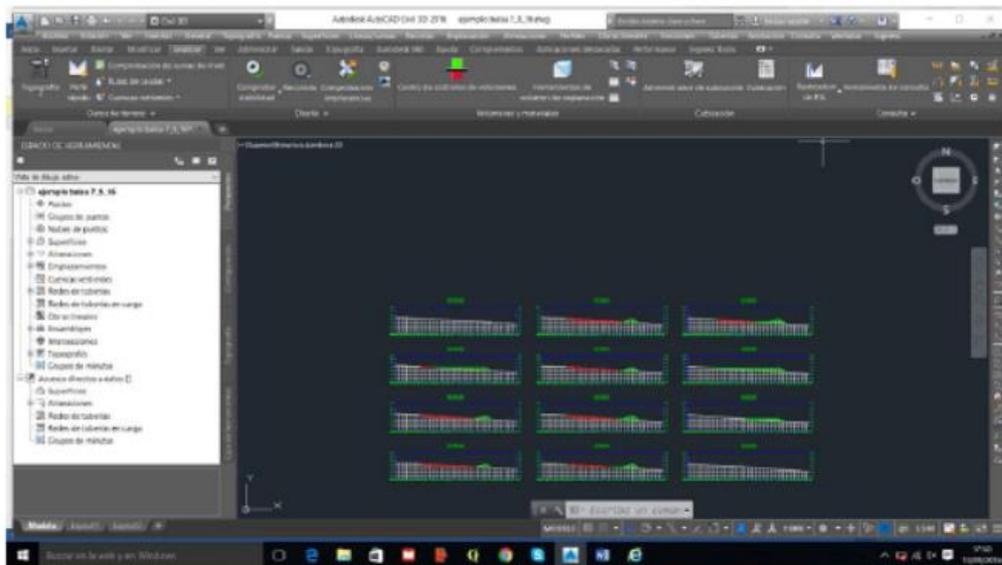


Figura 3. Muestra de manual para la impartición de Civil 3D en la asignatura de Ampliación de Caminos de 4º Ing. Civil

Los perfiles transversales se modifican automáticamente como se aprecia en la siguiente figura.



Para obtener la tabla de volúmenes de desmonte y terraplén se pulsa en la pestaña "Tabla de volúmenes totales". A continuación se pide que posicionemos el cursor en un punto exterior a la topografía se pulsa "Enter" y aparece la tabla de volúmenes.

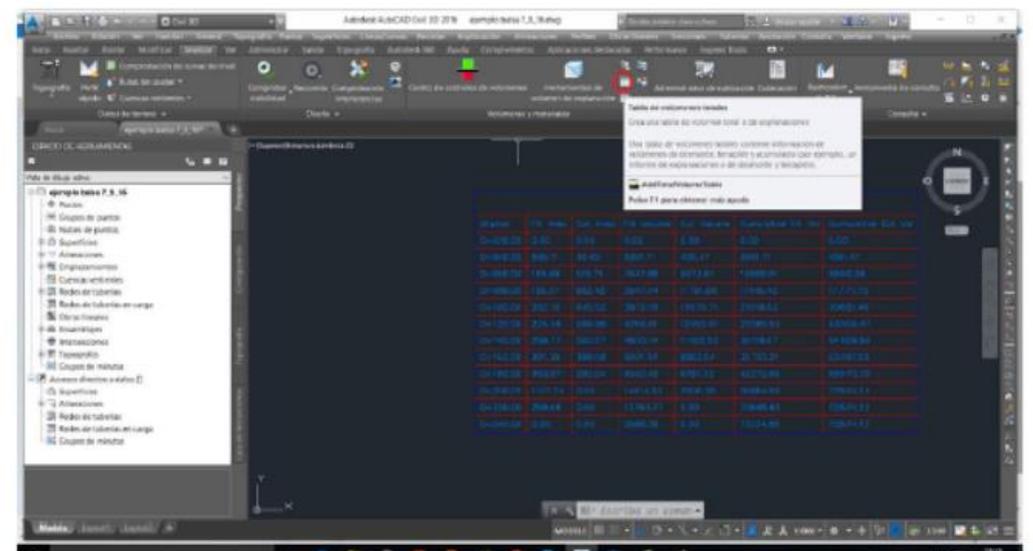
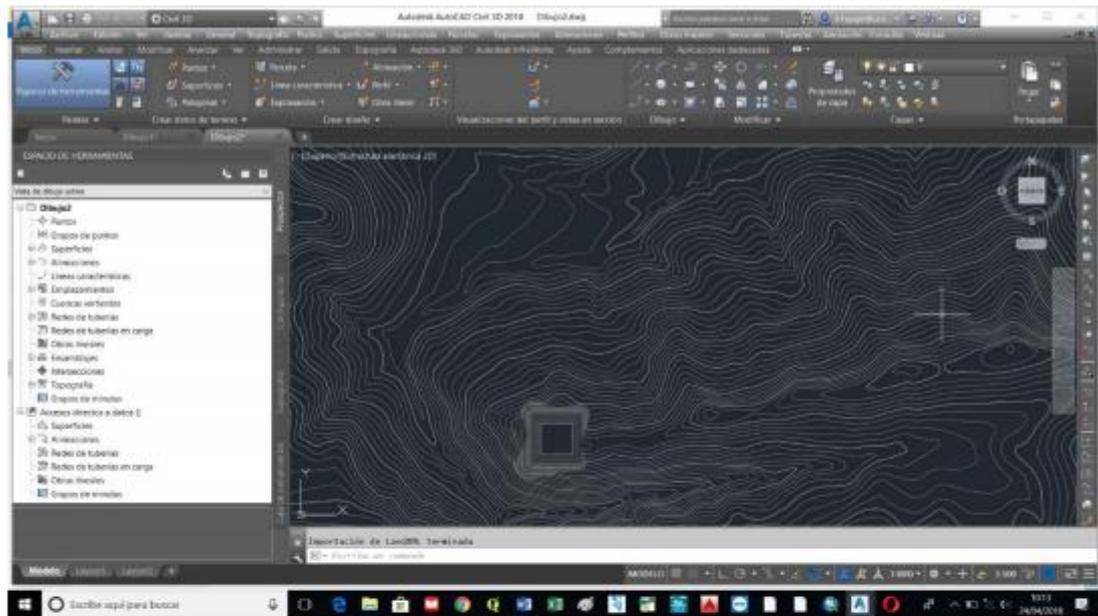


Figura 4. Muestra de manual elaborado para la impartición de Civil 3D en la asignatura de Cimentaciones y obras de tierra de 3º de Ing. Agroalimentaria y del Medio Rural

Aparecen las curvas de nivel modificadas con las de la balsa.



Se selecciona la superficie y a continuación botón derecho "Propiedades de superficie"

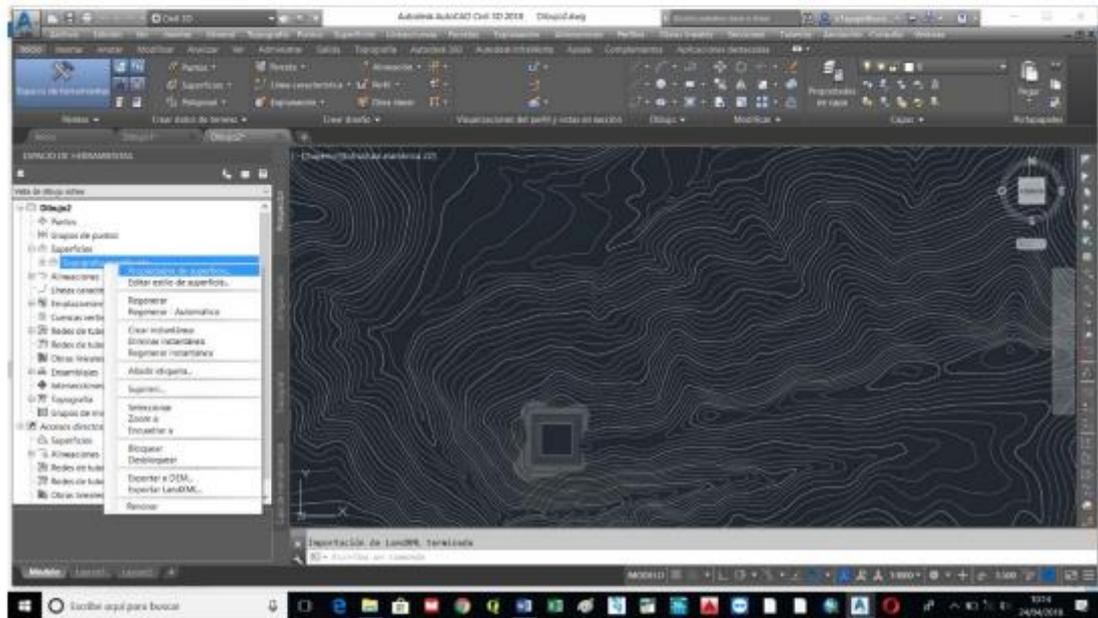


Figura 5. Muestra de manual elaborado para la impartición de Civil 3D en la asignatura de Construcciones y obras de infraestructura rural de 1º del Máster Ingeniería Agronómica

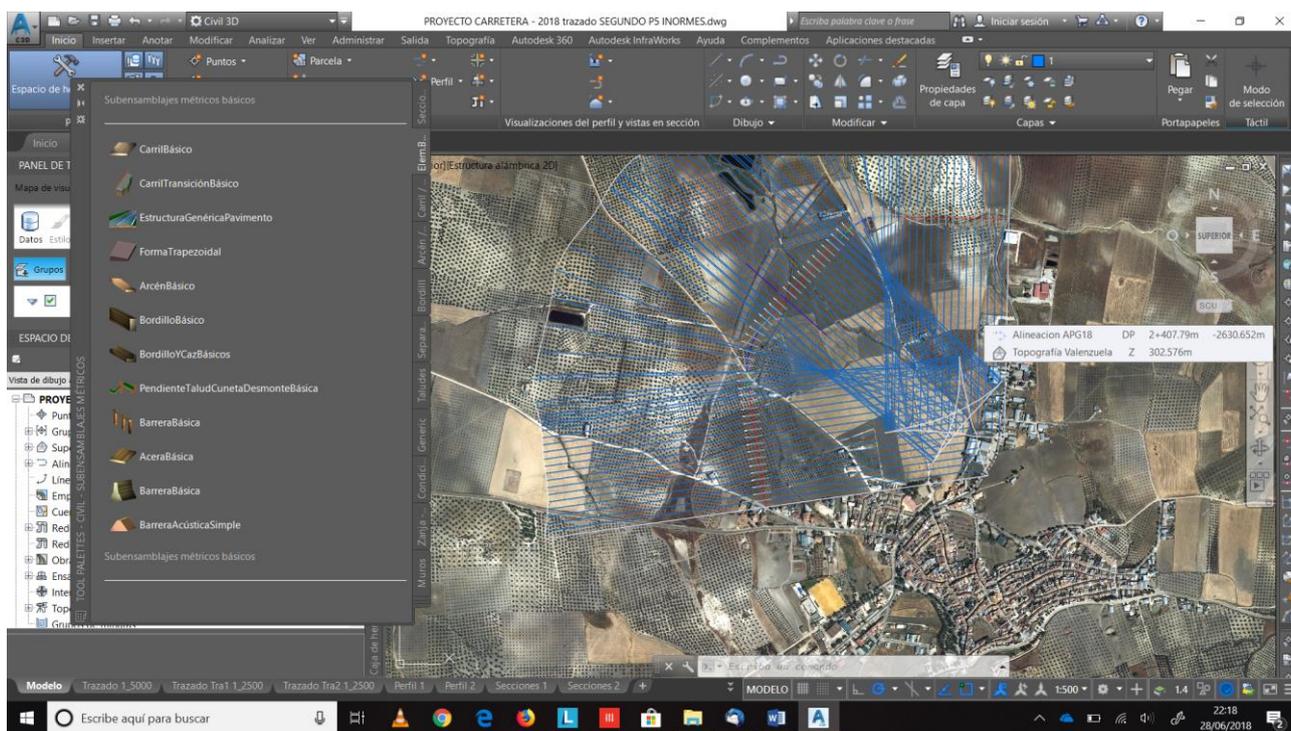


Figura 6. Muestra de uno de los trabajos realizados en Civil 3D por un alumno del curso 2017/2018 en la asignatura de Ampliación de Caminos de 4º Ing. Civil

En todo momento, los profesores han estado en contacto directo con los alumnos, estableciendo tutorías colectivas e individuales durante todo el curso, en forma telemática o presencial, para resolver dudas puntuales, revisar actividades...etc. De forma paralela, ha habido una comunicación continua entre los profesores participantes, apoyándose en el manejo del software, organización de las sesiones... etc.

### 3.3 FASE : AUTOEVALUACIÓN

Es necesario la evaluación de los resultados y de la experiencia desarrollada en el Proyecto de Innovación Docente para que de esta manera los profesores desarrollen una autocritica que refleje si el sistema adoptado para la enseñanza, la metodología, las herramientas, etc., son correctas. Para ello se han desarrollado dos sistemas de evaluación:

- Revisión de los resultados académicos, evaluando la puntuación obtenida por los alumnos.
- Consulta al alumnado mediante encuestas de valoración.

## 4. RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los objetivos propuestos, los profesores han adquirido conocimientos de BIM que no se habían implantado en ninguna asignatura hasta la fecha de hoy. A partir de estos conocimientos, se ha desarrollado un nuevo material didáctico en cada una de las asignaturas sujetas a este Proyecto de Innovación Docente que introduce el conocimiento y manejo de software BIM.

La Tabla 1 resume todo el material didáctico nuevo, mediante las actividades que han sido introducidas en cada una de las asignaturas en función a la herramienta BIM a aplicar, así como, las herramientas de evaluación que han sido consideradas en cada caso para comprobar las competencias adquiridas por los alumnos.

Tabla 1. Actividades desarrolladas

ASIGNATURA	PROFESOR	HERRAMIENTA BIM	TITULACIÓN	Nº ALUMNOS
Edificación	Auxi Barbudo	REVIT	Ingeniería Civil	36
Ampliación de Caminos	Adela P. Galvín	CIVIL 3D	Ingeniería Civil	9
Cimentaciones y Obras de Tierra	Jesús Ayuso	CIVIL 3D	Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural	11
Construcciones y obras de infraestructura rural	Jesús Ayuso Alfonso Caballero	CIVIL 3D	Máster Ingeniería Agronómica	43
<b>TOTALES</b>			<b>4 asignaturas</b>	<b>99</b>

#### 4.1 RESULTADOS ACADÉMICOS

Los resultados académicos, tal y como era de esperar, no mostraron correspondencia con el grado de satisfacción del alumnado (apartado 4.2.).

El objetivo de este proyecto de innovación no consistía tanto en aumentar la tasa de aprobados en primera convocatoria, sino mejorar la formación del alumnado en el manejo de herramientas informáticas que van a necesitar manejar en su actividad profesional al finalizar sus estudios.

#### 4.2 ENCUESTAS - VALORACIÓN

En la propuesta elaborada se establecía que uno de los objetivos básicos para la evaluación del Proyecto era satisfacer las expectativas del alumnado. Para la consecución de este objetivo se lleva a cabo una valoración final de las actividades implementadas por parte de los alumnos mediante encuestas. Para ello, un total de 40 alumnos fueron encuestados.

El análisis de estos datos en cada una de las asignaturas es útil para seguir implementado la herramienta BIM de forma similar o por el contrario modificar la forma de implantación, corregir errores en la metodología establecida o constatar la correcta aplicación y valorar el aprendizaje y la aceptación del alumnado.

En la Figura 5 se muestra una captura de una de las encuestas elaboradas para recabar la opinión de los alumnos, diseñadas entre todos los profesores, para obtener, de la forma más detallada posible, la opinión de los mismos, y así, poder obtener conclusiones



### “INTRODUCCIÓN AL MODELADO DE INFORMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN (BIM) EN LA ASIGNATURA DE EDIFICACIÓN” ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

¿Consideras adecuado que se haya insertado un bloque sobre BIM en la asignatura de Edificación?					
	Muy Poco	Poco	Regular	Bueno	Muy Bueno
	1	2	3	4	5
¿Está justificado incluir un bloque sobre BIM en la asignatura de Edificación?					
	Muy Poco	Poco	Regular	Bien	Muy bien
	1	2	3	4	5
¿Crees que el aprendizaje del software Revit se encuentra bien encuadrado en la asignatura de Edificación?					
Sí. Su aprendizaje está bien justificado en la guía docente de Edificación					
Sí, aunque debería de ampliarse en asignaturas optativas o cursos formativos					
No. Debería de incluirse en otra asignatura (indicar cuál) .....					
No. No debería de impartirse dentro del Plan de Estudios					
¿Considera útil el conocimiento de Revit para su vida profesional?					
	Muy Poco	Poco	Regular	Bueno	Muy Bueno
	1	2	3	4	5
¿Cuáles han sido las dificultades para implantar esta tecnología en la asignatura?					
Necesitas un terminal y acceso al programa para su utilización					
Dificultad de aprendizaje de nueva herramienta informática					
La relación entre la asignatura y la herramienta Revit no han quedado claros					
Otra (indicar cuál): .....					

Figura 7. Muestra de encuesta de satisfacción del alumnado

En relación a la opinión de los alumnos respecto a cómo está encuadrada en las diferentes asignaturas la herramienta BIM impartida (Figura 8), se puede apreciar que prácticamente la totalidad de los alumnos mostraron una respuesta afirmativa, indicando que debería ampliarse la oferta formativa con asignaturas optativas para la docencia de las herramientas BIM impartidas u otras actividades formativas.

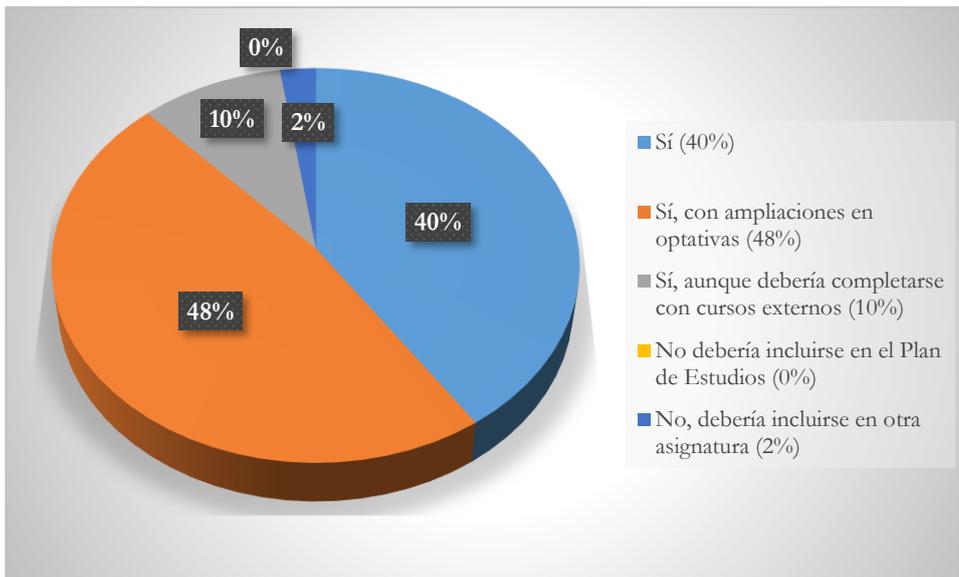


Figura 8. Distribución porcentual de respuestas sobre el encuadre de la herramienta BIM en cada una de las asignaturas.

En relación a la opinión de los alumnos respecto a si consideran útil la herramienta BIM impartida (Figura 9), se puede apreciar que prácticamente la totalidad de los alumnos, mostraron una respuesta positiva, sobre todo, para su futuro profesional.

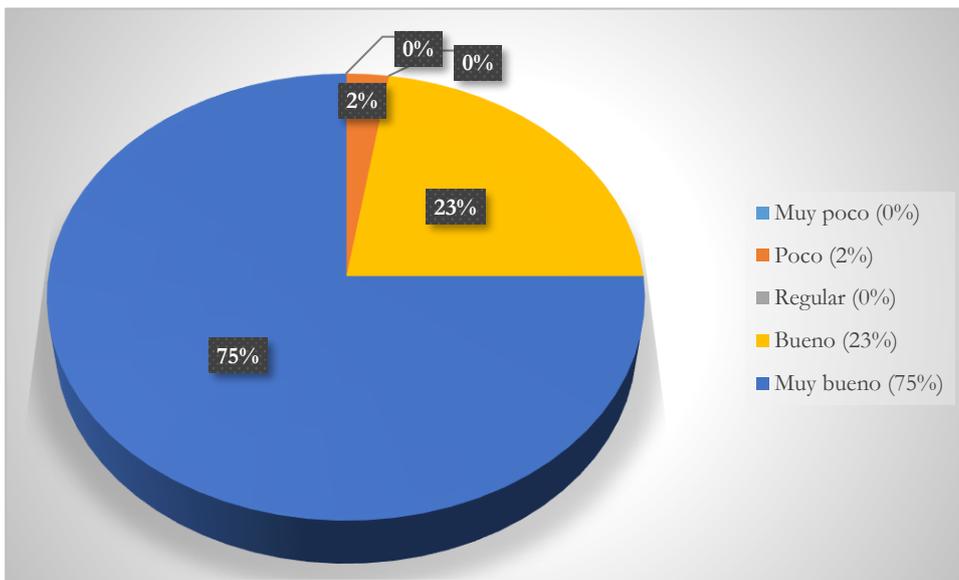


Figura 9. Distribución porcentual de respuestas a la pregunta: “Considera útil el conocimiento de la herramienta BIM impartida para su vida profesional” en las tres asignaturas.

Además, en respuesta a otros comentarios relativos a la impartición de la herramienta BIM, algunos alumnos señalaron que el manual de apuntes era susceptible de ser mejorado.

Como resumen de la autoevaluación podemos considerar que los resultados obtenidos en cada una de las tres asignaturas respecto a cada software BIM aplicado han sido similares. Los alumnos consideran mayoritariamente (aproximadamente 90% de los encuestados) un software muy adecuado para la asignatura, así como muy útil a nivel profesional (aproximadamente un 80% de encuestados). El 100% de los encuestados valora de forma general buena o muy buena el software estudiado.

Respecto a la metodología seguida en el aula, cabe destacar que el 30% de los encuestados consideran que el aprendizaje de la herramienta presenta ciertas dificultades y que el volumen de trabajo es elevado (78%) para la cantidad de clases impartidas, considerando el 50% de los alumnos encuestados regular el número de clases.

Como visión general, la valoración por parte de los alumnos muestra la inclusión de la herramienta BIM en el aula como útil y necesaria a la vez que refleja la insuficiencia de clases para impartir todos los conocimientos.

## 5. CONCLUSIONES

A la luz de los resultados relativos a las consultas realizadas al alumnado mediante encuestas de valoración para la introducción al modelado de información de construcción (BIM) en asignaturas relativas a edificaciones e infraestructuras de ingeniería, podemos resaltar que:

- Las horas impartidas la herramienta BIM correspondiente a cada asignatura han sido muy valoradas por los alumnos, pero atendiendo a sus respuestas, todavía insuficientes. Los alumnos proponen mayoritariamente que las herramientas BIM sean ampliadas en optativas o en otras actividades extra-académicas.
- Se sugiere, para el año que viene, una mejora y ampliación del manual de apuntes como guía de orientación para el trabajo no presencial.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] BECERIK-GERBER B., GERBER D.J., KU K. (2011) The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula. *ITcon Journal of Information Technology in Construction*, Vol. 16, pg. 411-432.

[2] CHO, Y. S., HONG, S. C., LEE, J. H., & JANG, H. S. (2014). Higher education program development for structural building information modeling (S-BIM). In *Advanced Materials Research*(Vol. 838, pp. 3176-3179). Trans Tech Publications.

[3] SHARAG-ELDIN, A. AND NAWARI, N. (2010). BIM in AEC Education. *Structures Congress 2010*: pp. 1676-1688. doi: 10.1061/41130(369)153

[4] GARCÍA-SANTOS, A. et al. (2017). BIM en la Universidad. Mapa de la formación BIM en la Universidad. Disponible en: [http://bim.tecniberia.es/wp-content/uploads/2016/11/GT2-Personas-SG2.2-Mapa-de-Formaci%C3%B3n\\_s.pdf](http://bim.tecniberia.es/wp-content/uploads/2016/11/GT2-Personas-SG2.2-Mapa-de-Formaci%C3%B3n_s.pdf) (último acceso: 28 de junio de 2018).

[5] WATSON, WILLIAM R. An Argument for Clarity: What are Learning Management Systems, What are They Not, and What Should They Become?. *TechTrends* 51 (2): 28-34 (2007).