



TESIS DOCTORAL

Integración de la metodología BIM en la
programación curricular de los estudios de Grado
en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación.
Diseño de una propuesta.

AUTORA:

INMACULADA OLIVER FAUBEL

DIRECTORES:

Dr. Javier Benlloch Marco

Dr. Francisco García García

València, Octubre de 2015

Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Programa de Doctorado en Arquitectura, Edificación, Urbanística y Paisaje
Universitat Politècnica de València



*El que no aplique nuevos remedios
debe esperar nuevos males; porque
el mayor innovador es el tiempo.
Francis Bacon (1561-1626)*



RESUMEN

BIM es el proceso de creación y gestión de la información de un producto de la construcción en un modelo informático tridimensional que incorpora datos relativos a todo su ciclo de vida.

La Directiva 2014/24/UE sobre Contratación Pública de la Unión Europea recomienda a los estados miembros el uso de la metodología BIM en los proyectos financiados con fondos públicos a partir de abril de 2016.

El Gobierno Español por su parte ha aprobado en 2015 la trasposición de la Directiva y además ha constituido la Comisión para la implantación de la metodología BIM en España a partir de 2018 liderada por el Ministerio de Fomento.

La transformación que esto supone para el sector de la construcción tiene importantes implicaciones para los responsables de la educación superior en Ingeniería y Arquitectura: deben garantizar la salida de egresados con las competencias BIM que, a causa de la Directiva, van a ser requeridas a los futuros profesionales del sector.

Las universidades, en las que recae la responsabilidad del diseño de los títulos en nuestro país, deben responder a ese requerimiento. Y lo deben hacer de forma eficiente en este contexto de crisis generalizada y cuyos efectos están sufriendo especialmente. Además, lo deben hacer en un entorno un tanto hostil: a día de hoy la apreciación por esta metodología es todavía baja a pesar de que en breve se va a imponer por ley.

Tras el análisis del estado de la cuestión en cuanto al sector de la construcción, de la profesión de arquitecto técnico, del marco normativo que le afecta, de las experiencias similares que se han dado en otros países, y teniendo en cuenta los fundamentos del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), se propone una estrategia para la integración de BIM en el Plan de Estudios del Grado en Ingeniería de Edificación.

Palabras clave: arquitectura técnica, AEC, BIM (Building Information Modeling), competencias, construcción, edificación, EEES, gestión, información, innovación, interdisciplinariedad, programación docente, trabajo colaborativo

RESUM

BIM és el procés de creació i gestió de la informació d'un producte de la construcció en un model informàtic tridimensional que incorpora dades relatives a tot el seu cicle de vida.

La Directiva 2014/24/UE sobre Contractació Pública de la Unió Europea recomana als estats membres l'ús de la metodologia BIM en els projectes finançats amb fons públics a partir d'abril de 2016.

El Govern Español per la seua banda ha aprovat en 2015 la transposició de la Directiva i a més ha constituït la Comissió per a la implantació de la metodologia BIM a Espanya a partir de 2018 liderada pel Ministeri de Foment.

La transformació que açò suposa per al sector de la construcció té importants implicacions per als responsables de l'educació superior en Enginyeria i Arquitectura: han de garantir l'eixida d'egressats amb les competències BIM que, a causa de la Directiva, van a ser requerides als futurs professionals del sector.

Les universitats, en les quals recau la responsabilitat del disseny dels títols en el nostre país, han de respondre a aquell requeriment. I ho han de fer de forma eficient en aquest context de crisi generalitzada, els efectes de la qual estan patint especialment. A més, ho han de fer en un entorn una miqueta hostil: a dia de hui l'apreciació per aquesta metodologia és encara baixa a pesar que en breu es va a imposar per llei.

Després de l'anàlisi de l'estat de la qüestió en quant al sector de la construcció, de la professió d'arquitecte tècnic, del marc normatiu que li afecta, de les experiències similars que s'han donat en altres països, i tenint en compte els fonaments de l'Espai Europeu d'Educació Superior (EEES), es proposa una estratègia per a la integració de BIM en el Pla d'Estudis del Grau en Enginyeria d'Edificació.

Paraules clau: arquitectura tècnica, AEC, BIM (Building Information Modeling), competències, construcció, edificació, EEES, gestió, informació, innovació, interdisciplinarietat, programació docent, treball col·laboratiu.

ABSTRACT

BIM is the process of creating and managing information of a construction product in a three dimensional computer model that incorporates data of all its life cycle.

The Member States of the European Union have been recommended to use the BIM methodology in public funded projects since April 2016 by the Directive 2014/24/EU.

Particularly, the Spanish Government has approved in 2015 the transposition of this Directive where a Commission has been created, under the auspice of the Ministerio de Fomento, for the implementation of BIM methodology in Spain from 2018.

This fact implies a transformation for the building sector which has important implications for those people responsible for higher education in Engineering and Architecture: the BIM competences of the new graduates have to be ensured because of the requirements of the Directive for future professionals.

Universities, then, must meet that requirement because the responsibility of the design of the degrees in our country relies on them. Moreover, they have to do it efficiently in a context of the global crisis whose effects are specially affecting the building sector. In addition, a hostile environment is around: today's valuation of this methodology is still poor, although it will be soon become compulsory by the legal requirements.

After analyzing the state of the art in the building sector, in the profession of building engineer, in the legal framework related to it, in similar experiences that have occurred in other countries and taking into account the basis of the European Higher Education Area (EHEA), a strategy for the integration of BIM in the curriculum of the Degree in Building Engineering is proposed.

Key words: building engineering, AEC, BIM (Building Information Modeling), skills, construction, building, management, EHEA, information, innovation, interdisciplinary, teaching curriculum, collaborative work.

AGRADECIMIENTOS

A mis directores de tesis, los doctores Javier Benlloch y Francisco García, que confiaron en mí y en mis posibilidades desde el principio, hace demasiado tiempo, y lo han seguido haciendo a pesar de todo. No puedo más que agradecer su paciencia y apoyo, y esperar que sigan estando ahí para acompañarme en lo que venga.

Al profesor Benlloch he de agradecerle además el haber hecho posible no solo mi ingreso en la carrera docente, sino mi permanencia gracias a su intervención en dos momentos muy importantes de ella: aquel, tan desagradable, justo al año siguiente y que él se encargó de resolver rápidamente; y el otro, tan satisfactorio, cuando conté con todo su apoyo en el concurso para el acceso a la plaza de profesor colaborador.

A Alberto Cerdán por haberme iniciado en el mundo BIM y por tantas otras cosas.

A mi profesor Rafael Sánchez Grandía. En realidad nunca he recibido una clase suya en un aula, pero lo ha sido en el día a día durante este tiempo, a tiempo completo.

A mis compañeros del comité organizador del congreso EUBIM, y a todos y cada uno de los que han participado en el congreso en estos años. Por lo que he aprendido de ellos. Solo espero que no me consideren demasiado osada por haber acometido una empresa de este tipo desde mi “nivel de madurez BIM”.

A mis compañeros profesores y a los alumnos de la ETSIE que han estado pendientes del avance de mi tesis. He notado su apoyo y sé que se alegran de que por fin llegue a su fin.

A Isabel Tort, Rafael Marín, Manuela Alarcón y Mayte Ivars por su apoyo técnico.

Gràcies per tot, Jaume. I avant les atxes. Ara és el teu torn.

Gràcies Isa, pel teu suport a la sombra.

A Begoña, a la que como tantas veces hago en el cuerpo de la tesis, cito: *“Por todo. Nada sería igual sin ella. Su apoyo, compromiso y atención constante son un privilegio que tengo la suerte de disfrutar. Soy muy afortunada por ello”*. Y esto no significa que estemos en paz. Yo le debo tantísimo más.

A ma mare i a les meues germanes, tan llestes, tan discretes, tan silencioses, i que m'esperen perquè me reincorpore a la rutina familiar de nou. Ja vaig.

Per últim, solament he de nomenar-te. Vicent, no cal donar-te les gràcies.

I per fi, açò és tot absolutament per tu, Alfred. Tornaràs. Hi estarem.

ACRÓNIMOS

- ACC:** Autodesk Authorized Certification Center/ Centro Autorizado de Certificación de Autodesk
- ACI:** Autodesk Certified Instructor/Instructores Certificados de Autodesk
- AEC:** Architecture, Engineering & Construction / Arquitectura, Ingeniería y Construcción
- AIA:** American Institute of Architects
- ALCSP:** Anteproyecto Ley de Contratación del Sector Público
- ALSP:** Anteproyecto de Ley de Servicios Profesionales
- AT:** Arquitectura Técnica
- ATC:** Autodesk Training Center/Centro Autorizado de Formación de Autodesk
- BAF:** BIM Academic Forum / Forum Académico de BIM
- BEP:** BIM Execution Plan / Plan de Ejecución BIM
- BIM:** Building Information Modeling / Modelado de la Información del Edificio
- BTG:** BIM Task Group / Grupo de Trabajo BIM
- CAD:** Computer-Aided Design / Diseño Asistido por Ordenador
- CCV:** Coste del Ciclo de Vida
- CE:** Consejo de Europa
- CFGS:** Ciclo formativo de Grado Superior.
- CM:** Consejo de Ministros
- CPIFP:** Centro Público Integrado de Formación Profesional.
- CTE:** Código Técnico de la Edificación
- DA:** Disposición Adicional
- ECTS:** European Credit Transfer System / Sistema Europeo de Transferencia de Créditos
- EEES:** Espacio Europeo de Educación Superior
- ETSIE:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación
- EUATV:** Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de València
- EUBIM:** Encuentro Usuarios BIM / Congreso Internacional BIM
- EUPPD:** European Union Public Procurement Directive / Directiva de la Unión Europea sobre la Contratación Pública
- GURV:** Grupo de Usuarios Revit de Valencia



IAI: Industry Alliance for Interoperability
IFC: Industry Foundation Classes
IPD: Integrated Project Delivery / Gestión Integrada de Proyectos
LBS: Location Based Scheduling / Programación por localización
LCSP: Ley de Contratación de Sector Público
LoD: Level of Detail / Nivel de Detalle de un proyecto
LOD: Level of Detail / Nivel de Desarrollo de un proyecto
LOE: Ley de Ordenación de la Edificación
LSP: Ley de Servicios Profesionales
MEC: Ministerio de Economía y Competitividad
MECD: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
MF: Ministerio de Fomento
PDM: Product Data Management
PE: Plan de Estudios
PFG: Proyecto Final de Grado
PIB: Producto Interior Bruto
POD: Plan de Ordenación Docente
PPC: Proceso proyecto-construcción
PYME: Pequeña y Mediana Empresa
RD: Real Decreto
RDL: Real Decreto Legislativo
SEOPAN: Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras de Ámbito Nacional (España)
TFG: Trabajo Final de Grado
TFM: Trabajo Final de Máster
UE: Unión Europea
UEM: Universidad Europea de Madrid
UJI: Universitat Jaume I
UK: United Kingdom / Reino Unido
UPC: Universitat Politècnica de Catalunya
UPCT: Universidad Politécnica de Cartagena
UPV: Universitat Politècnica de València
US: Universidad de Sevilla



ÍNDICE

RESUMEN.....	II
RESUM	III
ABSTRACT	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
ACRÓNIMOS	VII
ÍNDICE.....	IX
PARTE I. INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo 1. Introducción.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Introducción	4
1.2.1. Contexto del estudio.....	4
1.2.2. Planteamiento del problema	7
1.2.3. Justificación e interés.....	10
1.3. Objetivos.....	16
1.4. Obsolescencia de la tesis	17
1.5. Estructura del trabajo.....	18
PARTE II. LA ARQUITECTURA TÉCNICA	21
Capítulo 2. La arquitectura técnica. Historia de una profesión.....	22
2.1. Origen de la profesión. Evolución hasta 1855	22
2.2. La profesión de aparejador entre 1855 y 1935	23
2.3. La profesión de aparejador entre 1935 y 1971	25
2.4. La profesión de arquitecto técnico a partir de 1971	26

2.5. La Ley 12/86 de Atribuciones de 2 de abril	28
Capítulo 3. La arquitectura técnica. Una profesión regulada por ley	30
3.1. El marco normativo actual: la Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación.....	30
3.2. La aprobación del Código Técnico de la Edificación.	35
3.3. El Anteproyecto de Ley de Servicios Profesionales	37
Capítulo 4. De la arquitectura técnica a la arquitectura técnica. Los planes de estudio	41
4.1. Los planes de estudio de 1855 a 1970.....	41
4.2. La Ley General de Educación de 1970. El Plan experimental de 1977	42
4.3. El Plan de Estudios de 1977	43
4.4. La adaptación del título al Espacio Europeo de Enseñanza Superior	46
4.5. El Plan de Estudios del Título de Grado de Ingeniería de Edificación	48
4.6. Estado actual del Título de Grado.....	51
4.7. La arquitectura técnica del futuro	58
Conclusiones Parte II	60
PARTE III. BUILDING INFORMATION MODELING.....	64
Capítulo 5. Building Information Modeling.....	65
5.1. Antecedentes.....	65
5.2. La necesidad de que naciera BIM	73
5.3. Open BIM a través de Open Standards.....	77
5.4. Building Information Model vs. Building Information Modeling vs. Building Information Management	79
5.5. Características del entorno BIM	80
5.6. Niveles de información del modelo BIM	82
5.7. Las dimensiones de BIM	88
5.8. Estándares y Guías BIM	100
5.9. Los roles BIM	105
5.10. El desarrollo del proceso proyecto-construcción en un entorno BIM.....	108
Capítulo 6. BIM como disciplina: Marco conceptual	112

6.1 La base de conocimiento de BIM	112
6.1.1. La tecnología BIM	113
6.1.2. La gestión de la información	115
6.1.3. El marco de desarrollo del aprendizaje de la metodología BIM	117
6.2. La estructura del aprendizaje de BIM	123
6.3. La aproximación al aprendizaje de BIM	129
6.3.1. El proceso de aprendizaje de BIM de un profesional AEC.....	130
6.3.2. Lo que un profesional AEC debe des-aprender para aprender BIM	134
6.3.3. El proceso de aprendizaje de BIM de un estudiante AEC.....	138
6.3.4. Lo que un estudiante AEC debe des-aprender para aprender BIM	141
Capítulo 7. BIM en la legislación	144
7.1. Antecedentes.....	144
7.2. Directiva 2014/24/UE sobre Contratación Pública	146
7.3. La futura Ley de Contratación del Sector Público	150
7.3.1. Las herramientas de diseño electrónico	152
7.3.2. El coste del ciclo de vida.....	154
7.3.3. Las prescripciones técnicas	156
7.4. Impacto de la normativa en el sector de la construcción	158
Capítulo 8. BIM en la formación universitaria	162
8.1. La formación en BIM en Reino Unido	164
8.1.1. Resultados del trabajo del BIM Academic Forum	165
8.1.2. La formación en BIM en las universidades del Reino Unido	176
8.2. La formación en BIM en el resto de Europa	180
8.3. La formación en BIM en EEUU	182
8.4. La formación en BIM en España	185
8.4.1. La opinión del sector	185
8.4.2. La formación de BIM en España	203
8.4.3. La Administración Pública. Las acciones más recientes	268
Conclusiones Parte III	277

PARTE IV. BIM EN EL GRADO DE ARQUITECTURA TÉCNICA	282
Capítulo 9. Cambios para la integración de la metodología BIM en el currículo del Grado en Arquitectura Técnica.....	283
9.1. La gestión del cambio en la educación superior española	283
9.1.1. Estrategias de organización: top-down y bottom-up	284
9.1.2. Las estrategias del cambio en España	287
9.1.3. El entorno del cambio: el EEES y sus implicaciones	289
9.1.4. La tramitación administrativa de los Planes de Estudio universitarios ..	304
9.2. Propuesta para el cambio	310
9.2.1. Análisis de los posibles escenarios	310
9.2.2. La adecuación de las competencias	321
9.2.3. Definición del escenario propuesto. Justificación	333
9.2.4 Tramitación necesaria para el cambio	342
Capítulo 10. Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta.....	344
10.1. Modificación de la Orden ECI/3855/2007	344
10.2. De la orden ministerial al plan de estudios	356
10.3. Del plan de estudios a las asignaturas	371
10.4. Diseño de una propuesta: Gestión de proyectos con BIM. Taller multidisciplinar	379
Conclusiones Parte IV	399
CONCLUSIONES	402
FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	409
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	413
LISTADO DE FIGURAS Y TABLAS.....	423
Anexo 1. Planes de Estudio.....	430
Anexo 2. Guion de las entrevistas	442

Anexo 3. Planificación de las enseñanzas de Grado en Arquitectura Técnica según Orden ECI/3855/2007	447
Anexo 4. Competencias transversales UPV. 2015	450



PARTE I. INTRODUCCIÓN



Capítulo 1. Introducción

1.1. Antecedentes

BIM

Building Information Modeling

La primera vez que oí hablar sobre este concepto fue en julio de 2009, en el ámbito de la 1st International Conference on Education and New Learning Technologies en Barcelona. Un congreso sobre educación, no sobre arquitectura, edificación, construcción o tecnologías afines. Dos profesores de la Queensland University of Technology y uno de la University of New England, ambas en Australia, presentaron sus experiencias docentes en una comunicación titulada *“An innovative learning model for teaching architectural technology using Building Information Modeling: a Queensland University of Technology perspective”*.

En abril del año siguiente el equipo directivo de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación¹ de la Universitat Politècnica de València² organizó una jornada informativa sobre BIM para los profesores de la escuela, entre ellos yo misma. El título de la jornada fue *“Introducción al concepto de BIM ¿Qué es? ¿Para qué sirve? ¿Qué puedo investigar sobre BIM?”*.

Esta era la situación en aquel momento: jornadas de introducción a la metodología BIM para docentes universitarios en la UPV en 2010 cuando el año anterior alguien

¹ Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, en adelante ETSIE.

² Universitat Politècnica de València, en adelante UPV.



ya había publicado resultados de experiencias docentes con BIM integrado en un programa de estudios universitarios.

Cuando a raíz de aquellas jornadas surgió en mí una cierta curiosidad en BIM, leí como cualquiera interesado en el tema, la tesis doctoral del profesor Eloi Coloma. Se trataba de la primera tesis doctoral que se había escrito sobre ello en nuestro país. Al hacerlo, ya en las primeras páginas, la sensación de haber estado perdiéndome algo fue mayor:

“La recerca va començar a principis de l’any 2006. En primer lloc, vaig indagar sobre la Tecnologia BIM i les aplicacions de disseny paramètric en general. (...) Aquest procés va donar peu a un primer treball de recerca anomenat genèricament “Aplicacions per al disseny paramètric de models arquitectònics” (abril de 2006) document que, tot i que molt primerenc, em va servir de base per a la redacció del projecte de tesi.” (Coloma Picó 2010)

En el mismo mes de abril de 2010 se fundó GURV, el Grupo de Usuarios Revit de Valencia, bajo el auspicio nuevamente del equipo directivo de la ETSIE y con sede en la propia escuela. Su principal objetivo era compartir información sobre esta aplicación, sobre sus disciplinas, y crear mesas de trabajo para facilitar la colaboración entre los miembros interesados en desarrollar cualquier tema relacionado con esta tecnología.

Ese mismo verano algunos profesores de la ETSIE hicimos nuestro primer curso de formación en el manejo de una herramienta BIM, en concreto de Revit™ de Autodesk® y nos integramos en GURV.

Lo que eran unas reuniones mensuales de un grupo de aficionados derivó en 2012 en el Encuentro de Usuarios BIM, EUBIM, y después en un congreso sobre BIM que este año 2015 ha celebrado su cuarta edición y la primera de carácter internacional. El comité organizador de EUBIM lo formamos miembros de GURV y profesores de la ETSIE.

Es ahora, en abril de 2015, cuando el Ministerio de Fomento ha convocado la primera Jornada de Divulgación BIM 2015. En ella se pretendía analizar el nivel de implantación de BIM a distintos niveles, formación universitaria, profesionales, investigadores, constructoras y administración pública. Se crearon quizá demasiadas expectativas al respecto de la jornada que resultó ser meramente divulgativa, aunque con el compromiso de una nueva convocatoria para la creación

de una comisión³ de trabajo que tendría que diseñar la estrategia a seguir para la implantación de BIM en España.

Con todo esto se quiere reseñar que esta tesis que se presenta no nace de una investigación previa sino de una experiencia personal.

En primer lugar, como arquitecto técnico al que le ha afectado la crisis del sector de la construcción en España; que tiene la absoluta convicción de que el escenario al que saldremos cuando la crisis revierta no puede ser en absoluto parecido al que la provocó; y que entiende que, para que ese escenario sea el adecuado, la experiencia de esta profunda crisis debe verse como una oportunidad de cambio en la forma de trabajar en el sector de la construcción.

Y en segundo lugar como docente de una universidad que, como el resto de las de nuestro país, ha asumido el encargo del Protocolo de Bolonia de capacitar al alumnado más que de formarlo; con responsabilidad, pues, en la capacitación de los arquitectos técnicos que serán en el futuro, junto con otros, los protagonistas de ese nuevo paradigma; que se siente en la obligación de interferir en el diseño de esa formación para garantizar a los nuevos técnicos la adquisición de las competencias y habilidades que el nuevo escenario les reclamará; y que tiene la certeza de que debe ser la universidad la que lidere ese cambio.

Así pues este trabajo tiene como objetivo realizar una propuesta de diseño curricular adaptado a las nuevas exigencias del sector de la construcción, con BIM integrado, para la titulación de Grado en Arquitectura Técnica.

1.2. Introducción

1.2.1. Contexto del estudio

Que el modelo productivo del sector de la construcción apenas ha evolucionado a lo largo de la historia es algo patente si se compara con cualquier otro sector productivo. A lo largo de los siglos y hasta la Edad Moderna, el sector de la construcción fue motor de la evolución y la innovación tecnológica. Era incluso el referente tecnológico durante muchas épocas. Hasta aproximadamente mediados del siglo XX se podría decir que la industria estaba al servicio de la construcción,

³ Se habla más adelante de este compromiso y de la comisión.

atendiendo y solucionando sus necesidades técnicas y de innovación, hasta el punto de que la construcción actuó durante mucho tiempo como motor del desarrollo industrial.

A partir de las grandes guerras de mediados del siglo XX, la situación cambia. Es la industria la que marca las necesidades y los tiempos y es la construcción la que se pone a su servicio (Winch 2003a). Mientras aquella, a partir del sistema artesanal imperante, introduce en su proceso productivo las líneas de producción o de ensamblaje de piezas previamente fabricadas en serie, posteriormente las automatiza e incluso robotiza, para acabar invirtiendo en investigación para reducir al máximo la incertidumbre en ese proceso, la construcción se ancla en la forma de trabajo casi artesanal, mecanizada en lo estrictamente necesario y solo si antes ha sido probada en la industria. Se mantiene anclada a la enorme incertidumbre que genera por una parte su intrínseco carácter temporal. Pero, también, a la que genera la, por todos incuestionable, influencia de agentes externos que se asume como poco controlable e inevitable. Queda así como un sector artesanal en pleno siglo XXI, que consigue aumentar su valor y/o prestigio más por la calidad de los materiales provenientes de la industria que por la innovación y el avance en la gestión de los procesos productivos.

Esta breve reseña del sector de la construcción es común independientemente del país en el que nos fijemos y, por supuesto, lo es en cualquier país europeo.

En este contexto, y desde 1997 se produce en España lo que se ha dado en llamar la burbuja inmobiliaria. Una época de gran productividad en el sector que se prolonga hasta el año 2007. Durante esta década de enorme auge en el sector, podríamos reducir las variaciones sufridas en el mismo a dos: el alza de los precios, tanto del suelo como de la construcción, y el descenso hasta valores casi nulos del paro en el sector y afines.

El aumento de la producción, que no necesariamente de la productividad, que se produce en este período, no se traduce al mismo nivel en innovación tecnológica, aumento de la seguridad o incremento de la calidad del producto. Más bien todos los agentes implicados intentan “subirse al carro” de la coyuntura favorable ocasionada por la caída de los tipos de interés en los préstamos hipotecarios, la incorporación masiva de mano de obra procedente de la inmigración, y la importante contribución financiera que aportaron los fondos estructurales europeos (SEOPAN 2012). Y lo hacen con las mismas herramientas, métodos, procedimientos y filosofía de trabajo, etc., que hasta ese momento habían sido

válidas. Esta situación puede ser hasta cierto punto comprensible: si algo ha funcionado durante años, nos ha llevado hasta allí y sigue funcionando, cambiarlo no parece tener demasiado sentido.

Por su parte, en el ámbito académico, la burbuja tiene también una repercusión positiva. Se produce un importante aumento en la demanda de titulados y, consecuentemente, en el número de nuevos ingresos en las carreras universitarias relacionadas con el mundo de la construcción en general y de la edificación en particular. Nos estamos refiriendo a las carreras universitarias para obtener los títulos de arquitectura, de arquitectura técnica, y algunas ingenierías. Se produce también un espectacular aumento en el grado de empleabilidad de los egresados de estas titulaciones. De hecho, y en el caso particular de la arquitectura técnica, muchos de ellos ingresan en el mundo laboral incluso antes de acabar los estudios universitarios. Lo hacen a través de las prácticas curriculares en empresa que, en prácticamente todos los casos, acaban convirtiéndose en el inicio garantizado de su andadura profesional.

Y paradójicamente, en las universidades se da una situación muy similar a la que se da en el campo de la empresa constructora: parece que el mundo académico, y en concreto las escuelas con responsabilidad en la formación de los técnicos que han de gestionar esas obras, consideran estar dando una formación de alta calidad, la mejor, habida cuenta de los excelentes resultados de empleabilidad. Ningún cambio se plantea, pues.

Cuando en 2007 sobreviene el pinchazo de la burbuja, los razonamientos causa-efecto que parecían lógicos en una dirección en la situación precedente, no se aplican en sentido contrario. Es decir, responsabilizarse del pinchazo, del fracaso, de la crisis del sector en definitiva, aunque sea en parte, no parece ser una cuestión que vaya a asumir el propio sector. Se va a considerar más coyuntural que de fondo. Tampoco en el ámbito de la formación universitaria se tiene una conciencia generalizada de necesidad de cambio, de replanteamiento de fondo. En realidad ni siquiera superficial, ni siquiera de forma.

En este contexto se plantea este estudio.

1.2.2. Planteamiento del problema

A todo lo anterior hay que añadir el hecho diferencial de que en España la construcción ha constituido tradicionalmente uno de los grandes motores de la economía, cuya caída ha arrastrado al resto de la economía del país (Figura 1).

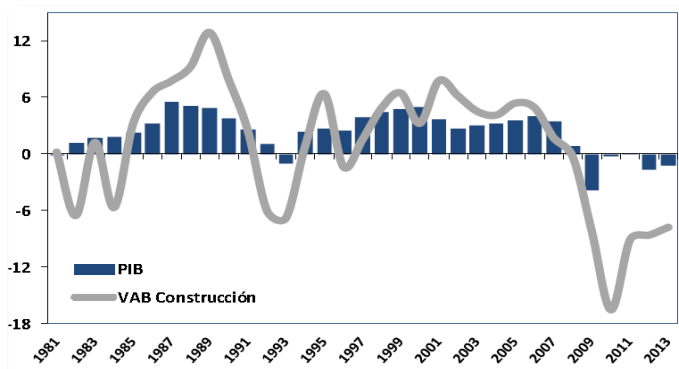


Figura 1. El ciclo de la construcción y el PIB. 2013. SEOPAN

Para que el sector se vuelva a convertir en generador de actividad y por tanto de riqueza, se pueden plantear tres opciones (Fuentes Giner 2014). La primera es que el cambio sea impuesto reglamentariamente desde las distintas administraciones. La segunda pasa por que lo generen de forma consensuada los propios agentes, empresas y profesionales, que intervienen en él con la adhesión voluntaria de los miembros del colectivo. En ambas encuentra Fuentes dificultades al cambio. En la primera porque se trata de un sector ya excesivamente intervenido y regulado normativamente y quizá no lo aceptaría con agrado. En la segunda porque la propia situación económica actual ha provocado que estas empresas y profesionales estén más implicados en su propia supervivencia que en la del sector como algo global. La tercera opción que plantea es la que tiene su origen en pequeños cambios, puntuales, de iniciativa casi particular que puede llevar a grandes cambios. Esta parece ser que es la que se está llevando a cabo en nuestro país y la que está dando resultados contrastables.

Concluye este análisis diciendo que no ve necesaria la intervención gubernamental ni tampoco una amplia implicación del sector, sino que lo más efectivo en esta coyuntura estaría en la tercera opción, esto es, *“... introducir un pequeño cambio...”* y *“... esperar a que la onda expansiva formase la tormenta y, casi sin querer,*

habríamos cambiado la forma en que muchas de las organizaciones empresariales del sector participan en el proceso...”.

Y en qué consisten esos pequeños cambios sería la pregunta que nos haríamos a continuación. Pues, según Fuentes Giner, los cambios no son pequeños en su esencia pero sí que pueden serlo en su grado de implantación. Estarían en cualquier caso dirigidos a modificar de forma radical el modelo de negocio a partir de una transformación del proceso proyecto-construcción. Esto implicaría necesariamente:

- La participación colaborativa de los distintos agentes y su coordinación a través de la implantación de metodologías de trabajo fundamentadas en el trabajo colaborativo. Esto es, implantación de las metodologías Project Management y Lean Construction.
- Fomentar la participación temprana de todos los agentes con sistemas de contratación del proyecto-construcción que favorezcan la compartición de la información, el riesgo y el beneficio. Estos sistemas son la Dirección Integrada de Proyectos⁴ en contratación y la Gestión Conjunta del Riesgo⁵ para gestión de riesgos.
- Gestionar toda la información de proyecto con coherencia garantizada, en tiempo real, accesible a todos los agentes y transparente. En este caso, el Modelado de la Información del Edificio⁶, y sus herramientas informáticas de modelado, visualización y simulación, es la metodología que lo puede garantizar.
- Garantizar que toda la información anteriormente generada estará disponible en las mismas condiciones también para los agentes que has de venir (usuarios, gestores, mantenedores, restauradores, etc., e incluso aquel que lo tenga que desmantelar acabada su vida) a lo largo del ciclo de vida del edificio. Aparece aquí la metodología Gestión del Ciclo de Vida del Edificio⁷.

Es evidente que todos estos cambios, sean promovidos por las administraciones públicas, por el colectivo de los agentes implicados, o surjan como pequeños

⁴ Dirección Integrada de Proyectos, en adelante IPD, acrónimo del original en inglés Integrated Project Delivery.

⁵ Gestión Conjunta del Riesgo, en adelante JMR, acrónimo del original en inglés Joint Management Risk.

⁶ Modelado de la Información del Edificio, en adelante BIM, acrónimo del original en inglés Building Information Modeling.

⁷ Gestión del Ciclo de Vida del Edificio, o PLM, acrónimo del original en inglés Product Lifecycle Management.

cambios implantados por las empresas a título particular, implican a las propias empresas en general y a los profesionales que trabajan en ellas en particular.

Y ahí es donde surge el problema. Y así nos preguntamos:

- El cambio en el sector de la construcción tal y como parece que se está gestando, ¿demanda los mismos roles profesionales que el que fracasó?
- El nuevo modelo de sector de la construcción que se está gestando, ¿demanda profesionales formados en las mismas competencias en las que fueron formados los agentes que participaron en el fracaso del sector en España?
- Dicho de otra manera, las competencias que definen las titulaciones de grado actuales ¿son en las que se debe formar a los estudiantes para las nuevas condiciones del cambiante mercado profesional y sector de la construcción?
- Si no es así, los nuevos egresados, ¿deberán sufrir un reciclado expés inmediatamente después de terminar sus estudios para poder integrarse en este mundo profesional y laboral en cambio?
- O por el contrario, ¿los futuros profesionales que trabajarán en el sector y que dirigirán esas empresas en el futuro inmediato están siendo formados en las universidades con los mismos criterios que se formaron los que actualmente están en el mercado profesional?

La respuesta a esta última pregunta la tenemos. Y la respuesta es que, en general, sí porque no se ha llevado a cabo un cambio sustancial en los planes de estudio de los grados en este sentido. Y al mismo tiempo nos lleva a contestar también afirmativamente a la penúltima pregunta: las empresas que están llevando a cabo cambios estructurales de mayor o menor calado, con la intención de ir más allá de la mera supervivencia en el mercado, deberán inevitablemente reeducar en las nuevas competencias a los egresados que contraten.

La universidad, institución que ostenta la responsabilidad de la formación de los futuros profesionales, siguiendo el mismo paralelismo con la parte profesional y empresarial del sector de la construcción que hemos estado viendo hasta ahora, no ha hecho demasiado por provocar el cambio. Sin embargo, la universidad de este milenio, aunque tiene su origen en las anteriores, se renueva a partir de la Declaración de Bolonia de 1999. En ella los países firmantes, entre ellos España, se comprometen a iniciar e impulsar las medidas y reformas legales necesarias que lleven a la consecución de algo que sobrepasa los ámbitos de la universidad como

institución: el Espacio Europeo de Educación Superior. Se trata de un modelo de universidad global, donde los sistemas de educación superior e investigación, entre otros aspectos no menos importantes, se adapten a las necesidades cambiantes, a las demandas de la sociedad y a los avances en el conocimiento científico.

1.2.3. Justificación e interés

En febrero de 2014 la Comisión Europea aprueba la Directiva 2014/24/UE sobre Contratación Pública de la Unión Europea. Dicha Directiva, conocida como EUPPD, hace de alguna manera referencia a BIM en su artículo 22 cuando dice que los 28 estados miembros tienen la oportunidad de recomendar o exigir el uso de BIM en proyectos financiados con fondos públicos.

En Europa, los países nórdicos, Dinamarca, Finlandia y Noruega, fueron los primeros en dar un paso al frente e incorporar esta metodología de trabajo a su proceso constructivo. Concretamente en Finlandia, la agencia estatal de servicios inmobiliarios, Senate Properties, exige el uso de BIM para sus proyectos desde 2007.

En 2012 el Ministerio de Interior holandés exige la utilización de BIM en la elaboración de grandes proyectos de explotación y mantenimiento.

Por su parte, el gobierno del Reino Unido, tras la experiencia vivida con la gestión de las construcciones necesarias para albergar los Juegos Olímpicos de Londres 2012, establece una hoja de ruta para la Administración Pública. Esa estrategia exige que todos los proyectos del gobierno utilicen BIM en forma de un modelo informático en 3D totalmente colaborativo con un “grado de madurez de nivel 2” para el año 2016. Esto supone que la totalidad del proyecto, la información de activos, la documentación, los datos y las comunicaciones serán electrónicos.

Francia y Alemania han empezado ya su proceso de adopción de BIM estableciendo un proceso que está programado alcanzar entre el 2018 y el 2020.

Fuera de Europa las adopciones de BIM más significativas y de mayor calado se han dado en EEUU donde ya en 2003 la General Services Administration estableció el National 3D-4D-BIM Program; en Singapur, donde la Building and Construction Authority implementó en 2008 la primera plataforma de aplicaciones on-line para la presentación electrónica de proyectos en BIM y actualmente son más de 200 los proyectos que se han solicitado licencia por esta vía; en Hong Kong donde es a partir de 2014 cuando se exige BIM para todos los nuevos proyectos públicos; o en Corea

del Sur que hará obligatorio BIM a partir de 2016 tanto para los proyectos de más de 50 millones de dólares como para todos los proyectos públicos.

Durante la realización de este trabajo algunas cosas han empezado a cambiar en el ámbito de nuestro país. Cosas que por otra parte vienen a reforzar la presente justificación y la necesidad del mismo. Se trata, por una parte, de la iniciativa surgida en Barcelona en el mes de febrero de 2015. Según esa iniciativa, firmada por el Ayuntamiento de Barcelona y por la Generalitat de Catalunya, se daba comienzo a su transición hacia BIM. Se marcaron objetivos parciales y se estableció como fecha tope para esa transición el año 2020.

También por parte de Gobierno español se están dando los primeros pasos para implantar BIM en el país. Por una parte, en el Consejo de Ministros⁸ del 17 de abril de 2015 se aprobó la trasposición de la directiva EUPPD iniciando de ese modo su andadura como anteproyecto de ley. Por otra, también en abril, y como se decía en la introducción, el Ministerio de Fomento convocó una jornada, poco más que divulgativa, sobre BIM en la que manifestó su intención de crear un grupo de trabajo para la implantación de BIM en España. Así en julio de 2015 se ha constituido la Comisión para la implantación de la metodología BIM (Figura 2). Según Nota de Prensa, el Ministerio de Fomento ha decidido asumir el liderazgo del proceso de adopción de la metodología BIM a través de la comisión constituida. Esta comisión nace, como dice la documentación de la convocatoria, para:

- Impulsar la implantación de BIM en la industria de la construcción española a partir de la creación de una comisión con una participación abierta a todo el sector, tanto público como privado.
- Fomentar el uso de BIM en todo el ciclo de vida de las infraestructuras.
- Sensibilizar a las administraciones públicas en el establecimiento de requisitos BIM en las licitaciones de infraestructuras con el objetivo de reducir sus costes.
- Establecer un calendario para la adaptación de la normativa para el empleo generalizado de BIM.
- Desarrollar los estándares nacionales que posibiliten el uso homogéneo de BIM.
- Realizar el mapa académico de la formación BIM en España y promover su inclusión en planes de estudio.

⁸ Consejo de Ministros, en adelante CM.

- Promover la digitalización de los trabajos derivados del desarrollo de las infraestructuras, desterrando el formato físico, con el consiguiente ahorro económico y medioambiental.
- Fomentar la aplicación de “Open BIM”, es decir, que todas las operaciones relacionadas con BIM se basen en estándares abiertos y universales, interoperables entre sí.
- Apoyar un mayor y mejor posicionamiento de la industria española en el mundo a través del empleo de la metodología BIM.
- Afianzar la participación de España en los foros de decisión internacionales.



Figura 2. Acto de constitución de la Comisión para la implantación de la metodología BIM. 2015. www.fomento.gob.es

Todo hace pensar pues que en un plazo breve de tiempo BIM ha de llegar a ser el lenguaje obligatorio para trabajar con la Administración Pública española si no se quiere quedar rezagada respecto del resto de Europa. Es por ello que tarde o temprano todos los técnicos y empresas del sector de la construcción deberán conocerlo e incorporarlo a sus procedimientos de trabajo.

Sin embargo, el germen de estas iniciativas que desde las distintas administraciones se puedan estar gestando, está en las que han surgido en los últimos años desde estamentos más bajos del sector. Así, son numerosas las empresas del sector de la construcción, como constructoras, estudios, promotoras, consultorías, etc., que han adoptado la metodología BIM en su proceso productivo como resultado de

haber puesto en crisis el proceso tradicional y para mejorar su productividad y competitividad. De la misma manera, y restringiéndonos al ámbito de los profesionales de la arquitectura técnica, también encontramos ejemplos significativos de adopción de la metodología BIM. Se trata de arquitectos técnicos que habiendo sido parte activa en el sector durante los últimos 10 o 15 años anteriores a la crisis, se han reinventado a ellos mismos, en ocasiones a través de la autoformación en BIM y el autoempleo adoptando esa metodología. De esa manera han conseguido reingresar en un mercado laboral todavía en crisis.

Quizá cabría preguntarse ahora cuál es el papel que han jugado los colegios profesionales, qué postura han tomado ante esa necesidad de formación especializada de sus colegiados. Se trata de instituciones de vital importancia para la profesión ya que el ejercicio de la misma va vinculado obligatoriamente por ley a una colegiación profesional. Así pues el futuro, y sobre todo la viabilidad económica de los colegios como institución va directamente relacionada con el estado de salud del sector. Parece pues evidente que lo que para una gran mayoría del sector AEC⁹ va a ser el futuro, debería haber estado en el punto de mira de los colegios desde el primer momento.

Bien, pues no ha sido así. Por la experiencia de la autora, profesional de la arquitectura técnica en el ejercicio libre de la profesión durante casi 25 años, se puede afirmar aquí que los colegios profesionales no han sido ni iniciadores ni impulsores de actividades de información y/o formación con perspectivas reales de futuro, al menos no en la medida en que hubiera sido deseable. En su mayoría los colegios se han inclinado por ofertar algunos productos de formación “expres” para “reciclar” a sus colegiados a corto plazo, pero se podría decir que han reaccionado tarde. Por supuesto que en un trabajo de esta índole no se puede dejar tal afirmación basada únicamente en una mera opinión o experiencia personal. Más adelante, en el apartado 8.4 del Capítulo 8, se aportarán datos objetivos que la apoyen.

De una manera casi mimética, en el mundo académico universitario español ha ocurrido lo mismo que en el sector de la construcción. Han ido apareciendo, aislada y espontáneamente, una serie de iniciativas dirigidas a incorporar la metodología BIM en los estudios de grado. Y aunque evidentemente lo han sido dentro de la universidad y utilizando sus recursos, la implicación de esta no ha pasado de ahí en la mayoría de los casos. En la actualidad algunas de estas iniciativas, que lo fueron

⁹ AEC, Architecture, Engineering & Construction / Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

en ocasiones de un solo profesor o una asignatura dentro de una titulación, ya están ocupando un sitio en la misma. Pero siguen siendo situaciones aisladas y sin conexión con otras que hayan surgido en las mismas condiciones. En algunos casos, los más veteranos, han conseguido continuidad pero no han llegado a provocar el cambio en la programación curricular de las titulaciones. Donde han encontrado continuidad ha sido en los estudios de máster y de doctorado quizá por el hecho de que estos estudios no están sujetos a una programación previa. También han aparecido algunos intentos de adopción de esta metodología en los planes de estudio de la formación profesional superior, pero muy tímidos y desde luego mucho más aislados, claro. Se verá en el apartado 8.4.2 del Capítulo 8.

En el resto de Europa tampoco está siendo la universidad la que lidera el cambio. Hay países en los que la metodología BIM ya está formando parte de los programas formativos de las titulaciones relacionadas con la construcción como es el caso de Dinamarca y Alemania. Pero hay otros, como Francia o Italia, en los que la situación es muy similar a la de España.

Llegados a este punto hay que señalar que es nuevamente el Reino Unido el que ha tomado la avanzadilla en la regulación de los estudios universitarios y la formación en BIM. Como ya se ha dicho anteriormente, en mayo de 2011 el Consejo de Ministros del Reino Unido publicó su estrategia para el sector de la construcción, y anunció su intención de exigir la metodología colaborativa BIM en sus proyectos para el año 2016. A partir de ahí entienden que la prioridad creciente es disponer de un tejido laboral y técnico formado en ello. Las instituciones de educación superior se muestran dispuestas a responder a esta necesidad de forma independiente, pero son conscientes al mismo tiempo de la necesidad de orientación y consistencia para llevar a cabo este cambio adecuadamente. En consecuencia, el mismo año 2011 se crea el BIM Academic Forum¹⁰ en el que se integran miembros de más de 30 instituciones de educación superior de Reino Unido. Su misión se centra en proponer una hoja de ruta para incorporar el aprendizaje de BIM en el nivel apropiado a cada disciplina específica de grado y postgrado que posibilite el desarrollo de profesionales con el conocimiento de BIM que se considere necesario. En marzo de 2015 el BAF ha publicado ya su primer

¹⁰ El Bim Academic Forum, en adelante BAF, (<http://www.bimtaskgroup.org/bim-academic-forum-uk/>) se crea en el marco del BIM Task Group, (<http://www.bimtaskgroup.org/>) una asociación sin ánimo de lucro que apoya y ayuda a la consecución de los objetivos de la Estrategia de Construcción del Gobierno del Reino Unido a la que nos estamos refiriendo.



estudio, firmado por Underwood (2015), sobre el estado de la situación actual y los desafíos asociados a la educación en BIM en la Educación Superior en Reino Unido.

Nuevamente hay que decir que, durante la elaboración de esta tesis, en el ámbito español se han iniciado algunas acciones al respecto. Así, dentro en el marco del Congreso Internacional BIM - EUBIM 2015 celebrado en la Universitat Politècnica de València los días 8 y 9 de mayo de 2015, se consensuó un Manifiesto BIM Académico para marcar la estrategia de formación BIM en los siguientes 5 años con la creación de un Campus Virtual BIM en la línea del BAF. Se ha iniciado ya la difusión de dicho manifiesto solicitando la adhesión de todas las instituciones académicas españolas que deseen trabajar colaborativamente en el diseño de un Plan Nacional de Formación en BIM que garantice la inclusión de BIM en todos los niveles del proceso constructivo.

Efectivamente, llegados a este punto un profundo estudio del estado de la cuestión en la que se encuentra la universidad española, y en concreto, las titulaciones de grado relacionadas con la edificación, y su relación con la realidad del mercado laboral en el sector de la construcción, se hace imprescindible.

Y se hace imprescindible para poder analizar primero, y establecer después, cuál es la más adecuada de las tres opciones que, como en el sector productivo, también aquí, en el académico, podríamos plantear:

- Que el diseño de los grados adaptados a la nueva situación del sector de la construcción partiese de una iniciativa institucional del más alto nivel. Esto es, que fuese la administración pública la que incluyese las pautas para adaptar los programas formativos universitarios en la hipotética regulación del sector.
- Que, atendiendo a la defensa que de la autonomía de las universidades como agentes activos para la transformación de una Europa plenamente integrada en la sociedad del conocimiento hizo la Ley Orgánica 4 de 12 de abril de 2007, sean estas las que decidan si quieren acometer en cambio y, por tanto, cuándo hacerlo, cómo, a qué nivel y con qué consecuencias.
- Y como tercera vía, espontánea, natural, no regulada, considerar la misma que se ha planteado para el sector productivo de la construcción: que sean las entidades más pequeñas del sistema universitario, esto es, los equipos docentes de las escuelas universitarias de arquitectura y arquitectura técnica, los que a través de iniciativas propias vayan introduciendo pequeñas innovaciones en sus programas docentes, esperando que

puedan tener aquel efecto expansivo, de tormenta, que acabe provocando grandes cambios, los que demanda la sociedad.

1.3. Objetivos

En el contexto actual del sector de la construcción y ante:

- el nuevo marco normativo que desde la Administración Pública se está diseñando en aras de la implantación de BIM como metodología obligatoria en proyectos de construcción financiados con fondos públicos;
- la aparición de empresas que han adoptado la metodología BIM en su proceso productivo, como resultado de haber puesto en crisis el proceso tradicional y para mejorar su productividad y competitividad;
- los numerosos ejemplos de arquitectos técnicos que han encontrado en la adopción de la metodología BIM una vía de reingreso a un mercado laboral todavía inmerso en la crisis;
- y la postura decidida de las universidades a iniciar el cambio y la inclusión de las competencias específicas BIM en sus programas de grado como una forma de atender a las necesidades del sector de la construcción actual, y proporcionarle el tejido de profesionales, técnicos e investigadores que necesita para que se pueda llevar a cabo el, tan nombrado, “cambio de paradigma”;

se pretende, en primer lugar, determinar cuál es el perfil de técnico ejecutivo que va a ser demandado por las empresas del sector que adopten BIM como metodología en su cambio hacia un nuevo modelo productivo.

Conocido el perfil demandado la pregunta a la que esta tesis pretende contestar es: ¿Cómo debería modificarse el programa de estudios de arquitectura técnica para adaptarse a las exigencias del mercado?

Y el resultado final debe ser una propuesta generalista de Programa de Estudios de Grado para que los futuros técnicos adquieran los conocimientos, competencias y habilidades que este mercado emergente empieza a demandar. La propuesta debería contemplar los siguientes pasos generales:

- Definir las competencias generales y específicas BIM que el estudiante debería adquirir.

- Relacionar las anteriores con el resto de competencias generales y específicas de la titulación.
- Analizar el papel de las competencias transversales en la integración de BIM en los planes de estudio.
- Establecer una estructura de la programación de contenidos, temporal y metodológica para que el título de Grado en Arquitectura Técnica garantice la adquisición de competencias BIM.

1.4. Obsolescencia de la tesis

Esta no es una tesis sobre aplicaciones informáticas o sobre tecnologías de la información, y me atrevería a decir que ni siquiera es una tesis sobre BIM. Esta es una tesis sobre el futuro inmediato de una profesión a partir de un momento concreto. O más bien, sobre cómo una profesión debe afrontar una situación socio-económica muy particular. Sobre cómo debe adaptarse a las nuevas circunstancias desde su propia concepción, desde la formación de los futuros profesionales con la incorporación completa, transversal, competencial de la metodología y la tecnología BIM en su currículo académico.

Al tratarse de cuestiones en continua evolución si la tesis fuese demasiado larga podría “*néixer antiquada*” (Coloma Picó 2010).

Cuando esto sea una realidad esta tesis podría considerarse obsoleta. Sinceramente creo que deberíamos desear que esto fuese cuanto antes.

Sin embargo, también creo que si esto llega a ser una realidad en el periodo de tiempo en que debe serlo, esta tesis puede que resulte obsoleta en su contenido, pero no lo será en su esencia, porque estaría marcando un punto de inflexión en la formación de los profesionales de la arquitectura técnica.

Creo que el punto de inflexión más determinante desde que en 1957 la Ley de Enseñanzas Técnicas configuró los estudios de aparejador como estudios universitarios.

1.5. Estructura del trabajo

Este trabajo consta de una **primera parte** de introducción en la cuestión y de tres partes más, además de las conclusiones finales. Cada una de estas tres partes, a su vez, estructura en varios capítulos hasta un total de diez. A continuación se procede a resumir brevemente el contenido de estos diez capítulos:

El **capítulo 1** supone la introducción de la tesis y en él se habla de la pertinencia de la misma, de los objetivos a alcanzar y se formula la pregunta de investigación.

Esta tesis se acota en el campo de la arquitectura técnica en primer lugar por la condición personal de arquitecto técnico de la autora y apoyada en el hecho de que el marco normativo de la ejecución de obras en España es la Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación que asigna competencias profesionales; y en segundo lugar por su condición de docente en una escuela técnica en la que se imparte el Grado correspondiente. Se dedica la **segunda parte** de la tesis a hablar en los **capítulos 2, 3 y 4** de la historia de la profesión, de su regulación y de los planes de formación respectivamente; y además, transversalmente, de la evolución de todos estos aspectos a lo largo de la historia desde que se tienen las primeras referencias de la misma, quizá en 1430, hasta la situación actual, con un controvertido anteproyecto de ley de servicios profesionales que de momento se encuentra aparcado.

La **tercera parte** está enteramente dedicada a hablar de la metodología BIM. Se inicia con el **capítulo 5** que supone una breve introducción a la propia metodología, a sus fundamentos básicos y a los aspectos que la definen. Se tratará de explicar qué es la metodología BIM y cuál es la tecnología para su aplicación con el fin de ofrecer al lector una idea global de la metodología y de sus fundamentos básicos. Y se hará con el detalle suficiente que permita seguir la contextualización y el análisis hasta lo que después será el diseño de la propuesta final. En el **capítulo 6** se analiza si BIM es una disciplina. Se divide en dos partes claramente diferenciadas. En la primera parte se analizan los resultados que sobre la conceptualización del aprendizaje de BIM ha obtenido el investigador B. Succar, que seguramente es uno de los máximos referentes internacionales que actualmente existe sobre este aspecto de BIM. En la medida en que sea posible, la adaptación de sus conclusiones a las circunstancias de la universidad española debería ser nuestra referencia. En la segunda parte se hace una aproximación al aprendizaje de BIM desde la experiencia personal como docente y la de algunos técnicos AEC que han vivido esa experiencia

de aprendizaje. El **capítulo 7** busca esa misma justificación pero desde el punto de vista legislativo. Existe ya una directiva europea, que en nuestro país es anteproyecto de ley desde el mes de abril de 2015. Esta directiva marca razones, intenciones, pautas, situaciones y plazos para que la incorporación de esta metodología sea una realidad en toda Europa. El estado actual de la formación en BIM tanto en las enseñanzas superiores regladas como fuera de ellas, la postura de las universidades, los colectivos profesionales, las instituciones públicas, etc., es de lo que trata el **capítulo 8**. Se realiza un recorrido primero por el Reino Unido como referente de lo que se hace en Europa, y posteriormente por EEUU, Europa y finalmente por España. El objetivo es constatar, por una parte, que la opinión favorable a la inclusión de la metodología BIM en los currículos formativos es general. Y por otra, obtener una visión tanto del estado actual de esta cuestión como de los retos que en España se están comenzando a asumir de cara a que esa inclusión sea una realidad, liderada por las universidades y respaldada por la administración pública.

Llegados a este punto se entra en la **cuarta parte** y última del trabajo.

En este momento se habrán aportado a la tesis datos suficientes que justifiquen la pertinencia de la integración de BIM en la gestión de proyectos, la necesidad de técnicos preparados para ello, y consecuentemente, la necesidad de integrar la formación en metodología BIM en los currículos formativos de la enseñanza superior en AEC en general, y de los Grados en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación en particular. Así en el **capítulo 9**, se estudiará cómo se puede llevar a cabo ese cambio, cuáles son las posibilidades más adecuadas desde el punto de vista de las necesidades del mercado, de los intereses del sector profesional, del interés académico de las universidades, de los procedimientos legislativos que conlleve, etc. Nos plantearemos todo ello tomando como premisa la coyuntura actual de crisis económica del sector de la construcción y cómo sus efectos condicionan las posibilidades reales de las universidades españolas para acometer un cambio de calado que puede afectar a sus estructuras. Acabaremos planteando la opción más eficaz.

El **capítulo 10** finalmente recoge, como resultado de todo lo anterior, una propuesta de modificación del Plan de Estudios del actual Grado en Arquitectura Técnica, en la que BIM resulta ser el hilo conductor para la adquisición de competencias específicas en entorno BIM de los futuros graduados arquitectos técnicos.

Para finalizar se muestran las **conclusiones** obtenidas durante el desarrollo del trabajo y se plantean las **líneas futuras de trabajo e investigación** que puedan complementar a la propuesta diseñada y a su puesta en práctica.

La última parte del documento la ocupan tres listados. El listado de todas las **referencias bibliográficas** consultadas para su elaboración. Las citas y referencias de este trabajo se acogen a las recomendaciones contenidas en las normas Harvard. Y los **listados de figuras y tablas** que aparecen intercaladas en el texto. Reseñar además que el material gráfico (tablas, gráficas, etc.) incluido en este documento pertenece a la autora, salvo en aquellos casos en los que se dice expresamente lo contrario.



PARTE II. LA ARQUITECTURA TÉCNICA



Capítulo 2. La arquitectura técnica. Historia de una profesión.

“Aquí yace Guillen de Rohan maestro de la Iglesia de León et aparejador de esta capilla” (Real Monasterio de Santa Clara, Tordesillas, 1430)

2.1. Origen de la profesión. Evolución hasta 1855

La figura del aparejador representa el antecedente inmediato del arquitecto técnico, si bien, sus orígenes se remontan a épocas muy anteriores. La primera reseña que conocemos del aparejador debemos situarla en la obra del Monasterio de San Lorenzo el Real de El Escorial. Entre los documentos referidos a la construcción de este inmueble se cita a Fray Antonio de Villacastín como Aparejador General de la Orden de los Jerónimos, encargado de la realización de dicha obra y designado por el propio rey Felipe II en 1562 (Portabales Pichel 1945). Posteriormente siguieron otros entre los que cabe destacar a Ventura Rodríguez y Marcelo Valenciano en la construcción del Palacio Real de Madrid, Antonio Gilabert en la Aduana de Valencia, Torcuato Cayón de la Vega en las catedrales de Guadix y Cádiz, Eugenio López Durango, jefe de las obras de la catedral de Toledo entre otros. (Portabales Pichel 1944)

La creación, en 1757 en Madrid, de la Academia de Nobles Artes de San Fernando supuso un comienzo en el proceso de racionalización y ordenación de los estudios de Arquitectura, entre otras disciplinas, así como su ejercicio profesional. Tal ordenación reconocía dos títulos para el ejercicio de la arquitectura: el de Maestro Arquitecto y el de Maestro de Obras. El primero de ellos con capacidad para proyectar y dirigir obras de tipo monumental y carácter público. El segundo con

capacidad para proyectar y dirigir únicamente obras de carácter particular. Dicha estructuración de funciones y límites pervivió a lo largo del siglo XVIII y hasta bien entrado el siglo XIX. (González Velayos 2000)

De esta manera, la separación antes mencionada marcaría la división práctica entre las figuras de arquitecto y constructor ya iniciada en el Renacimiento. Institucionalizaría además la figura del arquitecto como profesión autónoma, como corporación, rebasando el carácter meramente artístico de que venía gozando en los siglos precedentes.

La ordenación, que no fue ajena a la profunda batalla entablada por los arquitectos contra la figura del maestro de obras, se mantuvo hasta el año 1845. Entonces, tras la creación de las Escuelas de Arquitectura y mediante una propuesta de la Academia, el papel del maestro de obras quedó reducido a la dirección de obras bajo la supervisión del arquitecto. Debía existir un proyecto aportado por este último excepto en los casos de edificios particulares en poblaciones donde no existiesen arquitectos en activo. (Arenas Cabello 2002)

2.2. La profesión de aparejador entre 1855 y 1935

A pesar de lo expuesto, la titulación de aparejador como disciplina académica es relativamente reciente. Su regulación se inicia en el año 1855, fecha en la que se establecen por vez primera las enseñanzas de Aparejador de Obras en todas las Academias de Nobles Artes. En 1855 la Real Orden de 24 de enero suprime la de Maestro de Obras y el llamado Decreto Luján de 1855 lo sustituye por el de Aparejador:

Artículo 1: "Se suprimen las enseñanzas de Maestros de Obras y directores de caminos vecinales..."

Artículo 2: "En todas las Academias de Nobles Artes donde existían aquellas enseñanzas, se establece otra de Aparejadores De Obras..."

La reorganización del sistema de enseñanzas se produjo con la Ley Moyano¹¹ en 1857. De una parte restablece la enseñanza de Maestro de Obras, y de otra

¹¹ Ley de Instrucción Pública de 9 de septiembre de 1857, conocida como Ley Moyano

institucionaliza la división entre carreras superiores y carreras profesionales precedentes de los grados superior y medio. Así establece:

Artículo 61: "Son enseñanzas profesionales: las de Veterinaria, la de Profesores mercantiles, la de Náutica, la de maestros de obras, Aparejadores..."

Por último en 1864 se promulga el Reglamento sobre las atribuciones de arquitecto, maestro de obras y aparejadores que establece la máxima libertad para el trabajo de los arquitectos en tanto que determina:

Artículo 10: "Los Aparejadores y prácticos en albañilería trabajarán siempre bajo la dirección del Arquitecto y solo podrán ejecutar por sí mismos... todos aquellos reparos de menor cuantía en que no se altere lo más mínimo la disposición de las fábricas y armaduras ni el aspecto exterior de las fachadas."

El final de la profesión llega para los maestros de obras de la mano de disposiciones posteriores, como la Ley de Presupuestos de 1869-70 por las que se suprimen dichas enseñanzas. La lucha por las atribuciones entre los arquitectos y maestros de obras había durado más de un siglo. El fin de estos, en el preciso momento en que la industrialización comenzaba a mostrarse incipiente en España, venía acompañado por el surgimiento de una nueva profesión: la de aparejador. Esta suplía a aquella pero, a diferencia de ella, no competía por idénticas atribuciones con el arquitecto.

Hemos visto como en 1855 aparecía por primera vez la profesión de aparejador incorporadas sus enseñanzas a las academias. Sin embargo, no será hasta 1895 cuando tales enseñanzas se integren en las secciones técnico-industriales de las Escuelas de Artes y Oficios. Esta situación persiste hasta 1924 en que pasan a cursarse los estudios en las Escuelas de Arquitectura de Madrid y Barcelona. Mientras tanto, la situación legal de los aparejadores reunía las siguientes características según la Real Orden de 1902, la de 1912 y el Real Decreto de 1915:

- La intervención del aparejador no era obligatoria.
- Era preceptiva en obras del estado, provincia o municipio cuyo presupuesto excediera de una cierta cantidad.
- Podían proyectar y dirigir obras en poblaciones donde no hubiera arquitecto.

- Se consideraba al aparejador como un intermediario entre el arquitecto y el obrero.
- Actuaba como ayudante del arquitecto y sus funciones eran las que se le encomendaban. (Izquierdo Gracia 1998)

2.3. La profesión de aparejador entre 1935 y 1971

El Decreto de 16 de julio de 1935¹² marcará en la profesión de aparejador un hito importante, ya que establece las que, hasta hace relativamente poco tiempo, han sido atribuciones legales del ejercicio profesional. Así establece:

"Que a los Arquitectos corresponde el Proyecto y dirección de las Obras de Arquitectura; al Aparejador, como ayudante técnico la inmediata inspección y ordenación de la obra..."

"Con la intervención del Aparejador en la obra queda garantizado el deslinde, levantamientos y replanteos de la obra, así como la asidua inspección de toda la obra en su conjunto."

"Los Aparejadores son los únicos que ejercen la función de ayudantes técnicos de las obras de Arquitectura..."

"La misión del Aparejador consiste en inspeccionar con la debida asiduidad la ejecución material de la obra, siendo responsable de que esta se efectúe con sujeción al proyecto, a las buenas prácticas de la construcción y con exacta observancia de las órdenes e instrucciones del Arquitecto director."

"... Es obligatoria la intervención del Aparejador en toda obra de Arquitectura."

"El Arquitecto, de acuerdo con el Aparejador, regulará la asistencia de este a la obra."

En 1955 quedaron constituidas las Escuelas Oficiales de Aparejadores, como Escuelas Técnicas de grado medio, las cuales *"... proporcionarán la formación especializada otorgándose el Título de Aparejador..."*, como señala la Ley de 1957 sobre Reforma de las Enseñanzas Técnicas, todo ello en el marco de *"... un amplio*

¹² Decreto de 16 de julio de 1935, del Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes, de regulación de las atribuciones de la carrera de aparejador.

programa de industrialización y una adecuada organización económica y social (...) en una coyuntura excepcional de evolución y progreso...".

De nuevo, en 1964, se procede a la reorganización de las enseñanzas técnicas "... con el fin de incrementar y acelerar la formación de científicos y técnicos...". Las Escuelas Técnicas de grado medio pasan a denominarse Escuelas Técnicas de grado medio de Arquitectos Técnicos. Las tres especializaciones que se establecían en el Plan de 1957, esto es Urbanismo, Organización de Obras e Instalaciones, quedan transformadas en dos: Arquitecto Técnico en Ejecución de Obras y Arquitecto Técnico en Economía de la Construcción.

Por último, la Orden de 27 de octubre de 1969¹³ deroga los anteriores planes, anula las especialidades y denomina a la carrera de Arquitectura Técnica. (Arenas Cabello 2005)

2.4. La profesión de arquitecto técnico a partir de 1971

Como consecuencia de la promulgación de la Ley General de Educación (4 de agosto de 1970), las Escuelas de Arquitectos Técnicos se integran en la Universidad. Se hace necesaria una nueva reestructuración de las enseñanzas técnicas. En la de Arquitectura Técnica se lleva a cabo con el Plan de 1972. Este Plan fue impartido con carácter experimental en los centros de Madrid, Barcelona, La Laguna, Valencia y La Coruña. Aunque la fecha de esta ley es anterior al límite temporal fijado en el presente apartado, es bajo su ordenamiento que se van a producir los cambios legislativos y profesionales que definen este periodo.

Precisamente en estas fechas de tan intensa actividad reguladora, surge en 1971 la definición de competencias profesionales. Supone la puesta al día y la renovación de las atribuciones clásicas que ya se han comentado. El Decreto 265/71¹⁴ señala como competencias de los arquitectos técnicos las siguientes:

- Ordenar, controlar y dirigir la ejecución material de las obras, organización, etc.
- Inspeccionar los materiales, dosificaciones, etc.

¹³ Orden de 27 de octubre de 1969 por la que se aprueba el Plan de Estudios de Escuelas de Arquitectos Técnicos e Ingeniería Técnica (BOE de 7 de noviembre de 1969).

¹⁴ Real Decreto 265/1971 de 19 de febrero, por el que se regulan las competencias profesionales de los arquitectos técnicos. Vigentes solo los artículos 1 y 2b (salvo el apartado 2) y 3.

- Controlar los medios auxiliares y de protección.
- Poner en obra las unidades, comprobarlas.
- Medir las ya ejecutadas y valorarlas.
- Suscribir actas y certificaciones.

Además la regulación atribuye otras competencias como las de:

- Realizar trabajos de medición, deslindes y levantamientos previos a la obra de arquitectura o trabajo de urbanismo.
- Informes periciales.
- Asesoramiento técnico en procesos de producción.

Si en el ámbito estrictamente profesional se considera que este decreto es simplemente un paso adelante en la consolidación de la profesión, en cuanto que delimita las funciones y posición del arquitecto técnico, en el campo jurídico se hace mayor hincapié en otros factores. Si se compara con el de 1935 aparece una concepción nueva: la independencia y autonomía de la profesión. Hasta 1971 estaba perfectamente supeditada a la de arquitecto. Esta supeditación tenía expresión jurídica. En el mandato anterior el aparejador debía seguir las instrucciones del arquitecto director de la obra. Era considerado ayudante técnico y su nombramiento debía ser acordado entre la propiedad y el arquitecto precisando siempre de la aprobación de este último. (Arenas Cabello 2002)

Por el RD 265/71 el aparejador en la dirección de la obra sigue estando bajo la superior dirección del arquitecto. Pero en cuanto a los materiales de construcción hay una diferencia importante cuando define entre sus cometidos, “... *inspeccionar los materiales a emplear, dosificación y mezclas, exigiendo las comprobaciones, análisis necesarios y documentos de idoneidad precisos para su aceptación*”. De esta forma el aparejador debe exigir las comprobaciones, análisis y documentos necesarios y no simplemente los especificados por el arquitecto, lo que le da una independencia de funciones que refuerza la jurisprudencia cuando se examina la actuación de ambos técnicos en supuestos de responsabilidad por imprudencia en la actuación profesional.¹⁵

¹⁵ Podemos citar la sentencia del Tribunal Supremo de 13 de febrero de 1984, que establece doctrina difícilmente sustentable con la regulación anterior: “*El aparejador [sic] no está para cumplir las funciones que en su caso le encomiende el Arquitecto, sino que las funciones de inspeccionar y de ordenar la obra le vienen encomendadas directamente por la Ley, lo que no es obstáculo para que en el desempeño de tales funciones tenga que sujetarse a las expresiones gráficas del proyecto y la dirección, e incluso a las órdenes e instrucciones del Arquitecto, deduciéndose de la normativa vigente que el Aparejador no es ayudante del Arquitecto, sino ayudante Técnico en la Obra, y sirve al Arquitecto solo en cuanto sirve a la obra objetivamente considerada, consideraciones que le*

En 1979 y por el RD 314¹⁶ se aprueban las tarifas de honorarios de los aparejadores y arquitectos técnicos en los trabajos de su profesión. Estaban vinculadas a las de los arquitectos desde 1922. Esta desvinculación de tarifas de honorarios se debe, según el texto del propio RD a *“... la propia identidad de la profesión de Aparejador y Arquitecto técnico, con sus funciones, competencias y responsabilidades claramente definidas...”*.

Como ampliación a las competencias en materia de decoración el Decreto 119/1973¹⁷ y el RD 902/1977¹⁸, dicen que para ejercer legalmente la actividad de decorar será requisito indispensable estar colegiado en la corporación profesional creada por el propio decreto, pero exime de esta afiliación al tiempo que habilita para realizar dichas actividades a todos aquellos que posean el título de doctor arquitecto, arquitecto, arquitecto técnico o aparejador, y se hallen incorporados a su propia corporación profesional. (Izquierdo Gracia 1998)

En otro orden de cosas y también como ampliación de las competencias del Decreto 265/71, el RD 685/1982, de 17 de marzo, sobre regulación del mercado hipotecario, establece que *“... El informe técnico de tasación, así como el certificado en el que podrá sintetizarse el mismo, puede ser firmado por un aparejador o arquitecto técnico, cuando se trate de fincas urbanas, solares e inmuebles edificados con destino residencial...”*(Izquierdo Gracia 1998)

2.5. La Ley 12/86 de Atribuciones de 2 de abril

Habían sido hasta aquí más de cien años de cambios legales, organizativos, etc., que dieron como resultado el afianzamiento de una profesión independiente. La preparación profesional y docente del arquitecto técnico debe pues capacitarle para actuar de manera autónoma y responsable en su propio ámbito de actuación.

confieren una cierta autonomía operativa al Aparejador y le confieren la consiguiente responsabilidad”. Es destacable de la sentencia que la autonomía que reconoce al aparejador no es excesiva, puesto que dice claramente que tiene reconocida “una cierta autonomía operativa”, y ya sabemos el carácter restrictivo de la palabra “cierta”.

¹⁶ Real Decreto 314 /1979, de 19 de enero, por el que se aprueban las tarifas de honorarios de los Aparejadores y Arquitectos Técnicos en trabajos de su profesión. Actualmente derogado desde mayo de 1997 y solo válido a efectos de baremos de honorarios orientativos.

¹⁷ Decreto 119/1973, de 1 de febrero, por el que se da nueva redacción al artículo segundo del Decreto 893/1972, de 24 de marzo, creador del Colegio Nacional Sindical de Decoradores.

¹⁸ Real Decreto 902/1971, de 1 de abril, regulador de las facultades profesionales de los decoradores.

Esta tendencia se acentúa con la Ley 12/86 de Atribuciones de 2 de abril que establece que corresponden a los arquitectos técnicos las siguientes atribuciones profesionales, en relación a su especialidad de ejecución de obras y con sujeción a las prescripciones de la legislación del sector de la edificación:

- La redacción y firma de proyectos que tengan por objeto la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de bienes muebles o inmuebles, en sus respectivos casos, tanto con carácter principal como accesorio, siempre que queden comprendidos por su naturaleza y características en la técnica propia de la titulación.
- La dirección de las actividades objeto de los proyectos a que se refiere el apartado anterior, incluso cuando los proyectos hubieren sido elaborados por un tercero.
- La realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planos de labores y otros trabajos análogos.
- El ejercicio de la docencia en sus diversos grados en los casos y términos previstos en la normativa correspondiente y, en particular, conforme a lo dispuesto en la Ley Orgánica 11/1983, de 25 de agosto, de Reforma Universitaria.
- La dirección de toda clase de industrias o explotaciones y el ejercicio, en general respecto de ellas, de las actividades a que se refieren los apartados anteriores.
- Los derechos y atribuciones profesionales reconocidos en el ordenamiento jurídico vigente, así como las que sus disposiciones reguladoras reconocían a los antiguos aparejadores.

La facultad de elaborar proyectos descrita en el primero de los puntos anteriores se refiere a los de toda clase de obras y construcciones que, con arreglo a dicha legislación, no precisen de proyecto arquitectónico; los de intervenciones parciales en edificios construidos que no alteren su configuración arquitectónica; los de demolición y los de organización, seguridad, control y economía de obras de edificación de cualquier naturaleza. Y estas son las atribuciones actuales dado que la ley sigue en vigor.

Capítulo 3. La arquitectura técnica. Una profesión regulada por ley

Se entiende por profesión regulada la actividad profesional para cuyo acceso o ejercicio se exige una determinada cualificación profesional, es decir, una capacidad acreditada oficialmente por un título de formación, expedido por una autoridad de un Estado miembro de la Unión Europea, competente en la materia, que sancione oficialmente una formación profesional adquirida, en virtud de disposiciones legales, reglamentarias o administrativas. RD 1837/2008¹⁹.

Las profesiones en cuestión se relacionan en el Anexo VIII de dicho RD y entre ellas se encuentra la de arquitecto técnico.

3.1. El marco normativo actual: la Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación

La Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación de 5 de noviembre²⁰, concebida fundamentalmente para regular las garantías de la edificación, acaba ordenando también las competencias profesionales. No deroga expresamente ninguna ley anterior. Ha pasado a ser, para arquitectos y arquitectos técnicos, la regulación más importante.

¹⁹ Real Decreto 1837/2008, de 8 de noviembre, por el que se incorporan al ordenamiento jurídico español la Directiva 2005/36/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de septiembre de 2005, y la Directiva 2006/100/CE, del Consejo, de 20 de noviembre de 2006, relativas al reconocimiento de cualificaciones profesionales, así como a determinados aspectos del ejercicio de la profesión de abogado.

²⁰ Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación de 5 de noviembre, en adelante LOE.



Define el concepto “edificación” dentro de la generalidad que supone la “construcción”, y así considera “edificación”:

- Obras de edificación de nueva construcción, excepto aquellas de escasa entidad constructiva (...)
- Obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación que alteren la configuración arquitectónica de los edificios (...)
- Obras que tengan el carácter de intervención total en edificaciones catalogadas o que dispongan de algún tipo de protección (...)

Y clasifica las edificaciones en tres grandes grupos según su uso:

- a) administrativo, sanitario, religioso, residencial, docente o cultural.
- b) aeronáutico, agropecuario; de la energía, de la hidráulica; minero; de telecomunicaciones; del transporte terrestre (...)
- c) otras cuyos usos no estén expresamente relacionados en los grupos anteriores.

Respecto a las cualidades con las que se puede intervenir, tanto en lo que a la facultad de proyectar como a la de dirigir la obra se refiere, el Capítulo III de la ley dice que:

- El arquitecto técnico es el profesional habilitado para ejercer como director de la ejecución de la obra de edificios de carácter permanente, público o privado, cuyo uso principal sea administrativo, sanitario, religioso, residencial en todas sus formas, docente y cultural así como de edificios destinados a uso aeronáutico; agropecuario; de la energía; de la hidráulica; minero; de telecomunicaciones; del transporte terrestre, marítimo, fluvial y aéreo; forestal; industrial; naval; de la ingeniería de saneamiento e higiene, y accesorio a las obras de ingeniería y su explotación siempre que sean obras dirigidas por arquitectos.
- En los demás casos, el arquitecto técnico también puede desempeñar la labor de director de la ejecución de la obra, así como la de director de obra y la de proyectista.
- La titulación académica y profesional de arquitecto técnico es habilitante para desempeñar la función de coordinador de seguridad y salud en obras de edificación, durante la elaboración del proyecto y la ejecución de la obra de acuerdo con sus competencias y especialidades.

En este sentido, las funciones del director de la ejecución de la obra, que en edificación será habitualmente un arquitecto técnico, se recogen en el artículo 13 de la LOE:

*"...Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas necesarias.
Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas.
Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.
Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado".*

La función del arquitecto técnico que abarca el control de la ejecución y de los materiales, y que contempla la LOE, tiene en la Comunitat Valenciana una legislación propia desde 1991. El Decreto 107/1991²¹ de la Comunitat Valenciana dotaba al arquitecto técnico o aparejador de las atribuciones para programar y realizar el seguimiento del control de calidad de la obra. En 2015 fue derogado por el Decreto 1/2015²² del Consell que adecua la regulación sobre control de calidad en la edificación al Código Técnico de la Edificación²³, a la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08) y al Reglamento Europeo 305/2011²⁴. De las novedades que aporta, la que tiene relevancia para este estudio es que amplía su ámbito de aplicación a todas las obras incluidas en el artículo 2.1.a de la LOE, esto es, aquellas cuyo uso principal sea administrativo, sanitario, religioso, residencial en todas sus formas, docente y cultural, o lo que es lo mismo a obras proyectadas y dirigidas por

²¹ Decreto 107/1991, de 10 de junio, del Consell de la Generalitat Valenciana, por el que se regula el control de calidad de la edificación de viviendas y su documentación.

²² Decreto 1/2015, de 9 de enero, del Consell, por el que se aprueba el Reglamento de Gestión de la Calidad en Obras de Edificación.

²³ Aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (BOE 28 de marzo de 2006), en adelante CTE.

²⁴ Reglamento (UE) N° 305/2011 del parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2011 por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo.

arquitecto en las que el director de ejecución de obra ha de ser necesariamente arquitecto técnico.

Con respecto a la redacción de estudios de seguridad, la LOE no interviene en lo ya especificado en el RD 1627/97²⁵. Este deroga al RD 555/86²⁶ que exigía la redacción de un Estudio de Seguridad e Higiene en el trabajo para cualquier obra de construcción, así como la elaboración por parte del constructor de un Plan de Seguridad e Higiene en seguimiento del anterior. Su modificación por el RD 84/90²⁷ daba la exclusividad de la redacción del estudio y la consiguiente aprobación del plan en obras de arquitectura al arquitecto técnico. El RD 1627/97, por una parte cambia la denominación del estudio que pasa a llamarse Estudio (o Estudio Básico, en su caso) de Seguridad y Salud, así como la del plan que se llamará Plan de Seguridad y Salud. Y por otra le retira la exclusividad al arquitecto técnico diciendo que *“El estudio de seguridad y salud... será elaborado por el técnico competente designado por el promotor...”*

Paralelamente, y en cuanto a lo que tiene que ver con la coordinación en materia de seguridad y salud, el RD 1627/97 solo decía que *“ Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor, antes del inicio de los trabajos o tan pronto como se constate dicha circunstancia, designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra”* y la LOE por su parte reconoce las facultades de actuación del arquitecto técnico, pero sin reconocerle exclusividad en ningún tipo de obra. Ahora bien, como quiera que también dice que la intervención de los profesionales ha de producirse de acuerdo con sus competencias y especialidades, hay que entender que de las obras de los grupos a) y b) dirigidas por arquitectos quedarán excluidos los profesionales de la ingeniería como coordinadores de seguridad y salud, salvo para aquellos casos en los que la obra se reduzca única y exclusivamente a una actividad propia de su titulación.

²⁵ Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. Es la trasposición al Derecho Español la Directiva 92/57/CEE del Consejo, de 24 de Junio de 1992, relativa a las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud que deben aplicarse en las Obras de Construcción Temporales o Móviles.

²⁶ Real Decreto 555/86, de 21 de febrero, por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un estudio de seguridad e higiene en el trabajo, en los proyectos de edificación y obras públicas.

²⁷ Real Decreto 84/1990, de 19 de enero, por el que se da nueva redacción a los artículos 1, 4, 6 y 8 del Real Decreto 555/1986, de 21 de febrero, y se modifican parcialmente las tarifas de honorarios de Arquitectos, aprobada por el Real Decreto 2512/1977, de 17 de junio, y de Aparejadores y Arquitectos técnicos aprobadas por el Real Decreto 314/1979, de 19 de enero.

En resumen, las diferentes facultades del arquitecto técnico, perfectamente reguladas en la LOE y complementadas por documentos normativos posteriores, tanto de ámbito nacional como en nuestro caso autonómico, son:

- Facultad de proyectar, expresamente reconocida en la LOE en los supuestos de:
 - Proyectos de obras de nueva planta, siempre estén comprendidas en el apartado c) del apartado 1 del artículo 2 de la LOE o que no precisen de proyecto arquitectónico.
 - Proyectos de obras ya construidas: Limitándose a aquellas actuaciones parciales que no alteren la configuración arquitectónica, y como consecuencia que no afecten al volumen construido, a la envolvente o fachada y a los elementos distintivos principales que le dotan de identidad propia al edificio. Ni tampoco, respecto a edificios protegidos, las intervenciones totales o las parciales que afecten a elementos protegidos.
 - Proyectos de demolición de obras: En este sentido no se establece ningún tipo límite en particular y la LOE se refiere exclusivamente a edificaciones.
 - Otros proyectos: Como en el caso anterior no tiene limitaciones específicas y recoge las actividades que tradicionalmente han constituido los aspectos propios sobre los que se desplegaba la actividad del arquitecto técnico, esto es proyectos de organización, proyectos de seguridad, proyectos de control, y proyectos de economía
- Facultad de dirección. El campo propio que se reserva al arquitecto técnico como más típico o definitorio es el de director de la ejecución de una obra de edificación general (las que se comprenden en el grupo a)) dirigidas por un arquitecto. Los demás casos comentados en los que puede intervenir han de ser cuantitativamente muy inferiores a este.
- Facultades complementarias como la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores, y otros trabajos análogos. Se desarrollarán de forma autónoma, sin subordinación ni límite cuantitativo, cuando se hagan independientemente de la ejecución de una obra.
- Docencia, expresamente reconocida, tanto para la Enseñanza Universitaria como para Formación Profesional o Módulos y Enseñanza Secundaria, en

el apartado d) del número 1 del artículo 2 de la Ley de atribuciones de 1986 pero especificando que no pretende regular este campo: "*... el ejercicio de la docencia en sus diversos grados en los casos previstos en la normativa correspondiente y, en particular, conforme a lo dispuesto en la Ley Orgánica 11/1983, de 25 de agosto, de Reforma Universitaria*".²⁸

Otras facultades a las que hace referencia el número 4 del apartado segundo, en el cual se reconocen las facultades dictaminadas para los antiguos aparejadores, como la intervención obligatoria en aquellas obras que requieran, también necesariamente, la intervención del arquitecto, las otorgadas a los otras relacionadas con la materia de seguridad e higiene en el trabajo.

3.2. La aprobación del Código Técnico de la Edificación.

La aprobación del Código Técnico de la Edificación²⁹ supuso un importante cambio en todo lo referente a la edificación desde el concepto del proyecto, el diseño, la construcción, la propia gestión del proceso, y en cuanto al resultado de lo edificado se refiere. En lo sustancial, y siguiendo el espíritu de la LOE, su objetivo es mejorar la calidad de la edificación. A pesar de los grandes cambios que aporta al proceso edificatorio, deja que siga siendo la LOE la que defina a los agentes que intervienen en el proceso edificatorio, sus funciones y responsabilidades.

En este sentido el CTE establece que:

- Serán responsables de la aplicación del CTE los agentes que participan en el proceso de la edificación, según lo establecido en el Capítulo III de la LOE.
- Las obras de construcción del edificio se llevarán a cabo con sujeción al proyecto y sus modificaciones autorizadas por el director de obra previa conformidad del promotor, a la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva, y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra.
- Durante la construcción de la obra se elaborará la documentación reglamentariamente exigible. En ella se incluirá, sin perjuicio de lo que establezcan otras Administraciones Públicas competentes, la documentación del control de calidad realizado a lo largo de la obra.

²⁸ Derogada por la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades.

²⁹ Código Técnico de la Edificación, en adelante CTE.

- Cuando en el desarrollo de las obras intervengan diversos técnicos para dirigir las obras de proyectos parciales, lo harán bajo la coordinación del director de obra.
- Durante la construcción de las obras, el director de obra y el director de la ejecución de la obra realizarán, según sus respectivas competencias, los controles siguientes:
 - Control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a las obras: control de la documentación de los suministros, control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad y control mediante ensayos.
 - Control de ejecución de la obra: el director de la ejecución de la obra controlará la ejecución de cada unidad de obra verificando su replanteo, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, así como las verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa. Se comprobará que se han adoptado las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos. En el control de ejecución de la obra se adoptarán los métodos y procedimientos que se contemplen en las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores.
 - Control de la obra terminada: Sobre el edificio o su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, parcial o totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto u ordenadas por la dirección facultativa y las exigidas por la legislación aplicable.

3.3. El Anteproyecto de Ley de Servicios Profesionales

El Ministerio de Economía y Competitividad justifica el Anteproyecto de Ley de Servicios Profesionales³⁰ como una reforma obligada por una serie de recomendaciones del Consejo de Europa y de otros organismos internacionales, además de su propio compromiso de reforma. La explica como necesaria porque aclarará, simplificará y sistematizará la regulación de los servicios profesionales, estableciendo el mapa de obligaciones de colegiación y simplificando las reservas de actividad existentes.

El trayecto que ha seguido el anteproyecto, detallado en la Tabla 1, no es en absoluto el que estaba previsto. Y actualmente³¹, tras las presiones y protestas de todos los colectivos profesionales afectados, hay un inquietante silencio alrededor del ALSP, habida cuenta de que antes de final de este año 2015 se convocarán elecciones al Parlamento Español.

Fecha	Tramitación del ALSP
2012	Consejo de Ministros (1ª vuelta)
26 de abril de 2013	El Consejo de Ministros aprueba el Plan Nacional de Reformas que incluye ALSP
2 de agosto de 2013	El Consejo de Ministros aprueba el ALSP
27 de febrero de 2014	Dictamen de la Comisión Permanente del Consejo de Estado. Aconseja revisión de la totalidad del texto antes de remitirlo a Cortes.
3 de febrero de 2015	<i>El Ministerio de Economía retrasa la ley sine die.</i> ³²
14 de abril de 2015	<i>El Gobierno "para y retira" el anteproyecto de ley</i>

Tabla 1. Calendario de la Ley de Servicios Profesionales. 2015. Elaboración propia

Se pretende con la futura ley que, además de las profesiones reguladas, existan profesiones no reguladas, tituladas y colegiadas.³³ Aparece el principio de ejercicio libre de la profesión y el de eficacia en todo el territorio nacional. Pero lo más significativo y lo que ha causado más controversia ha sido la reserva de actividad prevista y que afecta a las actuales profesiones reguladas. Esta reserva de actividad

³⁰ Anteproyecto de Ley de Servicios Profesionales, en adelante ALSP.

³¹ Este documento de tesis en este punto se está escribiendo a finales del año 2014.

³² Estos son datos de última hora (febrero y abril de 2015) después de haberse escrito el presente capítulo de esta tesis. Se explica esta nueva situación al final del presente apartado.

³³ Será competencia exclusiva del Estado el establecerlas y además solo mediante ley estatal.

obligaría, en el caso del campo de la arquitectura y la ingeniería, a la modificación de algunas leyes entre ellas la LOE. La modificación de la reserva de actividad prevista para la profesión de arquitecto técnico le afecta de forma importante.

Por supuesto el Ministerio incluye en la exposición de motivos una serie de beneficios importantes, a su modo de ver:

- Mejoras en la competencia + reducción de los márgenes de precios = aumento en la demanda, el consumo y la inversión.
- Liberalización del sector = fomento de empleo + mejora de la productividad.
- Mayor movilidad geográfica de profesionales españoles en la UE.
- Menor recurso a los tribunales en la defensa de reservas de actividad.

En otro orden de cosas, el ALSP incluye también la colegiación obligatoria para la firma de proyectos y dirección de obras, pero esto en realidad no es una novedad para la arquitectura técnica ni tampoco tiene que ver con las competencias derivadas de una formación.

Como se ha indicado más arriba la esencia de la futura Ley de Servicios Profesionales³⁴ es la modificación de la reserva de actividad prevista para algunas profesiones, y a la de arquitecto técnico le afecta de forma importante. Veamos cómo:

Con la legislación actual cuando un arquitecto proyectaba una obra, la dirección de ejecución de la obra correspondía exclusivamente al arquitecto técnico. Con la reforma se suprime la reserva exclusiva. Es decir, con independencia de quién haya sido el proyectista y del tipo de edificación de que se trate, la dirección de ejecución de obra la podrá realizar un arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero e ingeniero técnico. Es decir, el gobierno no considera necesario establecer una reserva exclusiva en función de quien haya realizado el proyecto.

Lo justifican diciendo que si un profesional es competente para dirigir la ejecución de la obra de un determinado proyecto, lo debe ser con independencia de si lo ha firmado un arquitecto o un ingeniero.

Son muchas las opiniones que se han vertido sobre esto. Las redes sociales por supuesto han estado muy activas. En el ámbito concreto de la arquitectura técnica, instituciones como el Consejo General de la Arquitectura Técnica se han

³⁴ Ley de Servicios Profesionales, en adelante LSP.

manifestado en contra de la futura ley. El consejo, el 4 de enero de 2013 emitió un comunicado que decía que las líneas básicas del anteproyecto contemplan una propuesta de regulación que establece un trato discriminatorio entre las distintas profesiones, en claro perjuicio de los arquitectos técnicos. Añade que:

“La propuesta sobre reservas de actividad que se hace se ha basado en suprimir las reservas exclusivas contempladas en la LOE, mediante la incorporación a las mismas de otras profesiones, y sin atender las competencias/conocimientos/formación académica de los profesionales.”

Sin embargo resulta significativa la postura del Ministerio de Fomento que se transmitió a la opinión pública a través de un informe de la Subdirección General y en el que se ratificaba en lo ya informado por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. Se extraen a continuación los párrafos que a nuestro parecer resultan más relevantes por su relación con las competencias profesionales de los arquitectos técnicos:

“La Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación establece, esencialmente en sus artículos 10, 12 y 13, el reparto de competencias de arquitectos, arquitectos técnicos, ingenieros e ingenieros técnicos en obras de edificación, en relación con la redacción de proyectos, y dirección de obra y dirección de ejecución de obras de edificación...”

Refiriéndonos específicamente a las reservas que conforme a esta Ley afectan a arquitectos y arquitectos técnicos, se trata de reservas basadas fundamentalmente en requisitos formativos, y dirigidas además a garantizar la seguridad de los edificios y la integridad de personas y bienes, por lo que no se considera conveniente abordar ninguna modificación de las mismas en la nueva LSP...

El uso, en la medida que define requerimientos y prestaciones, sí se considera relevante para poder diferenciar la competencia de un técnico u otro sobre esa obra de edificación, y no se encuentran razones para modificar la actual distribución competencial establecida en la LOE para este caso...

Esta Subdirección General, por tanto, se ratifica en lo ya informado por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo..., insistiendo en la inconveniencia de abordar en la nueva LSP ninguna

modificación de las reservas de actividad que se desprenden de la LOE.”

Después de que el Ministerio de Economía y Competitividad hubiera dicho dos meses antes que el proyecto de ley se retrasaba sin plazo, en abril de 2015 el Gobierno anunció que *“se para y se retira”*.

El Ministerio había alegado que dado que se estaba discutiendo en la Comisión Europea la regulación del acceso a determinadas profesiones, en el marco de la evaluación recíproca (peer review), unido a la circunstancia de que la Comisión Europea tenía intención de llevar a cabo un proceso de liberalización generalizada de los diferentes servicios profesionales, veía más conveniente esperar el resultado de aquellas discusiones y conocer en qué iban a consistir las modificaciones introducidas por la Comisión, antes de continuar con la reforma de los servicios profesionales que abordaba el proyecto de ley español.

Sin embargo, algunas fuentes señalan que no hay planes de desregular las profesiones en el ámbito comunitario, y que se siguen analizando las reformas nacionales con cada estado miembro. Es más, poco antes de esta retirada del ALSP, Bruselas y el Banco Central Europeo han vuelto a pedir a España la presentación de la ley. (Ferluga 2015)

En resumen, se trata de un anteproyecto todavía no aprobado por el Consejo de Ministros y que por cuestiones de plazos administrativos, no tiene muchas posibilidades de aprobarse antes de las elecciones al Parlamento Español previstas para finales de 2015.

Capítulo 4. De la arquitectura técnica a la arquitectura técnica. Los planes de estudio

4.1. Los planes de estudio de 1855 a 1970

En el año 1855 se crearon las enseñanzas de los Aparejadores de Obra y surgió el primer Plan de Estudios³⁵. Desde entonces hasta nuestros días se han ido sucediendo un total de 18.

Del análisis de los datos recogidos sobre los sucesivos PE que han ordenado la enseñanza de los aparejadores y arquitectos técnicos podríamos extraer las siguientes conclusiones:

- Existe un cuerpo central de asignaturas en todos ellos constituido por las Matemáticas, Aritmética, Geometría Descriptiva, Topografía, Construcción y Materiales.
- En los más antiguos se prima la Geometría Descriptiva por cuanto que recogía la Estereotomía de la piedra y en los más recientes ocurre otro tanto con las Construcciones.
- El PE de 1895 recoge a su vez asignaturas como la Química y el Cálculo de Estructuras. La primera desaparece a partir del año 1969. La segunda permanece hasta el PE de 1999.
- El PE de 1957 introduce las materias Mediciones y Presupuestos, Máquinas y Equipos e Instalaciones.
- Es en el PE del año 1964 cuando se incluyen las materias de Organización, Programación y Control de Obras y la de Oficina Técnica.

³⁵ Plan de estudios, en adelante PE.

4.2. La Ley General de Educación de 1970. El Plan experimental de 1977

La Ley General de Educación y Financiación de la Reforma Educativa de 1970³⁶ establece la estructura actual de los estudios de Arquitectura Técnica. Los rasgos más apreciables y que tienen relevancia para esta tesis son:

- La integración de las Escuelas de Arquitectura Técnica en la Universidad.
- La clasificación como Centros Experimentales de las Escuelas de Arquitectos Técnicos, bajo tutela provisional de la Universidad.
- La posibilidad de que cada Universidad, de acuerdo con las directrices generales que dicta el Ministerio, pueda elaborar su propio PE.

La Orden Ministerial de 16 de diciembre de 1976³⁷ por su parte establece una duración máxima de tres años para los estudios de Arquitectura Técnica, limita el número de asignaturas, propone una cierta proporción entre las horas de clase teórica y las de tipo práctico y prevé la realización de un Trabajo Fin de Carrera³⁸.

A principios de 1977 se publica la Resolución de la Dirección General de Universidades³⁹ que publica el denominado Plan de Estudios Experimental de 1977 que estará en vigor hasta 1999⁴⁰, y que tiene los siguientes rasgos:

- Es común a todas las Escuelas de Arquitectura Técnica de España.
- Pretende la formación de los arquitectos técnicos, de acuerdo con las atribuciones y responsabilidades que la legislación otorgaba a estos profesionales.
- Estructura la enseñanza en un curso de formación básica, dos de específicas y un Trabajo Final de Carrera.
- Introduce la modalidad de asignaturas optativas, si bien declara obligatorias a las básicas y a las específicas.

³⁶ Ley 14/1970, de 4 de agosto, General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa (BOE-A-1970-852).

³⁷ Orden del Ministerio de Educación y Ciencia por la que se dictan directrices para la elaboración de los planes de estudio de las Escuelas Universitarias de Arquitectura e Ingeniería Técnica (BOE-A-1976-26064)

³⁸ Esta OM creó tensiones en las escuelas y en los colegios profesionales. Se elevaron recursos formales y manifestaciones de todo tipo en su contra.

³⁹ Resolución de la Dirección General de Universidades por la que se dispone la publicación del Plan de Estudios Experimental de las Escuelas Universitarias de Arquitectura Técnica, sancionado por la Orden ministerial de 16 de diciembre de 1976 (BOE-A-1977-3358).

⁴⁰ Podríamos afirmar, pues, que una gran mayoría de los arquitectos técnicos que actualmente ejercen la profesión se han formado según este PE.

- Reduce el número de cursos con el objetivo de "... *acelerar la formación de técnicos de grado medio...*", sin disminuir el número de asignaturas.

Se puede apreciar la tendencia de este último punto en la comparativa de los distintos planes de estudios en la Tabla 2.

Se puede consultar el desglose en asignaturas del Plan de Estudios Experimental de 1977 en el Anexo I. Allí se puede apreciar que la duración aproximada en créditos del PE de 1970 se puede cifrar en 282,25 créditos.

Plan	Asignaturas / Curso	Nº cursos	Total de asignaturas
1855	3,00	4	12
1858	3,50	2	7
1895	3,60	5	18
1935	5,00	4	20
1957	5,25	4	21
1969	7,00	3	21
1977	8,66	3	26
1999	9,67	3	29

Tabla 2. Evolución del número de cursos y asignaturas. 2015. Elaboración propia

4.3. El Plan de Estudios de 1977

La promulgación de la Constitución Española que consagra un modelo de autonomía universitaria más sólido que el precedente, la asunción de competencias en ámbitos educativos por las Comunidades Autónomas a las que poco a poco se transfiere la gestión de la mayoría de las universidades, y la incorporación de España a la Unión Europea, fueron acontecimientos que cambiaron radicalmente el panorama político, social y económico. Todo ello junto con la aprobación de la Ley de Reforma Universitaria 11/1983⁴¹ hizo necesaria la elaboración de nuevos PE.

⁴¹ Ley Orgánica 11/1983, de 25 de agosto, de Reforma Universitaria (BOE-A-1983-23432).

El PE de 1999 se inició con la promulgación del Decreto 1497/1987⁴², modificado parcialmente por el Real Decreto 927/1992⁴³ y que establece que esta titulación debía considerarse de primer ciclo, con una duración de tres años; su PE lo elaboraría cada universidad; tras definir el crédito como unidad de valoración de las enseñanzas, fija la carga lectiva de la titulación entre un mínimo de 180 créditos y un máximo de 270; la carga lectiva oscilará entre 20 y 30 horas semanales, incluidas las enseñanzas prácticas, de modo que la enseñanza teórica no puede superar las 15 horas semanales; será cada universidad quien determinará el número de créditos asignados al proyecto final; establece una división de las materias que integran el currículum en cinco grandes grupos; se indica la relación de materias que deben considerarse troncales⁴⁴, cuyo total de créditos debe ser de 135 créditos como mínimo, debiendo distribuir cada universidad, hasta el número máximo, los créditos restantes entre las asignaturas obligatorias⁴⁵, las de carácter optativo⁴⁶ y las de libre elección⁴⁷; y cada PE especificará para cada materia la distribución entre créditos teóricos y prácticos.

Habida cuenta que, como se ha dicho, los PE los elaboraría cada universidad, continuaremos este análisis con el PE elaborado por la Universitat Politècnica de València para la entonces denominada Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de València⁴⁸.

La UPV optó por un plan de estudios de 250 créditos docentes de profesorado, que es el máximo que le permite la legislación en vigor, distribuidos en 3 cursos. De estos 250 créditos, se reservaron el mínimo de 25 para las asignaturas de libre elección. Los restantes 225 quedaron para materias reguladas más detalladamente. Se establecieron los créditos teóricos para la totalidad de los cursos en el 50%, sin

⁴² Real Decreto 1497/1987, de 27 de noviembre, por el que se establecen directrices generales comunes de los planes de estudio de los títulos universitarios de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional (BOE-A-1987-27707)

⁴³ Real Decreto 927/1992, de 17 de julio, por el que se establece el título universitario oficial de Arquitecto Técnico y la aprobación de las directrices generales propias de los planes de estudios conducentes a la obtención de aquél (BOE-A-1992-20374).

⁴⁴ Estas materias troncales figuran en las directrices generales de la titulación, por tanto se imponen a la Universidad y son comunes a toda la titulación. Su contenido está regulado y también el Área de conocimiento a la que se debe adscribir cada una.

⁴⁵ Obligatorias para el alumno de una Universidad, pero que ésta determina libremente.

⁴⁶ Configuradas libremente por la Universidad para cada titulación, pero entre las cuales el alumno selecciona aquellas que quiere cursar, debiendo elegir un cierto número de créditos.

⁴⁷ La Universidad misma o por convenio con otra las ofrece a sus alumnos, que pueden optar entre ellas, con un peso mínimo del 10 % de los créditos de la titulación.

⁴⁸ Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de València, en adelante EUATV.

contar con los de libre configuración, cuya distribución lo sería función de la elección de cada alumno.

Como asignaturas optativas, se ofrecieron al alumno un total de 10 de las cuales el alumno se matriculaba únicamente de una. Se ofrecía también como optativa un Área de Intensificación, con 18 créditos totales asignados y con seis opciones a elegir por el alumno.

Es de resaltar que la oferta de asignaturas optativas o áreas de intensificación que el alumno no puede cursar por efecto de la limitación de horas, sumarían 135 créditos⁴⁹, lo cual en números redondos viene a decir que el alumno formado en la Escuela tenía a su disposición conocimientos que no cursa equivalentes a la mitad del PE. La distribución de asignaturas por cursos de este PE se puede consultar en el Anexo 1.

Uno de los numerosos debates que ocasionó en su momento este PE fue el de la duración de los estudios de una carrera de contenido técnico y de ciclo corto que, sin embargo, tenía un plazo medio de duración real de 4,9 años. Sobrepasaba así a la media de duración de los estudios técnicos de ciclo corto, aproximándose a los plazos de estudio de algunas titulaciones significativas de ciclo largo. (CERCHA 2002).

Otro debate era el que se llevaba alrededor del tema de la especialización. Algunos defendían la conveniencia de una especialización posterior de los titulados, mediante cursos de postgrado, máster, etc., a pesar de que al finalizar los estudios el titulado ya está legalmente capacitado para ejercer en cualquiera de las numerosas salidas profesionales.

La mayoría de las Escuelas Universitarias de Arquitectura Técnica públicas se postularon a favor de los cuatro años y 300 créditos. Otros apostaron por la instauración de un segundo ciclo como el de Ingeniero de Materiales⁵⁰.

En la EUATV de la UPV y durante el curso 2002/03, se aprueba realizar una ordenación del vigente plan de estudios en cuatro cursos⁵¹, en la que al proyecto

⁴⁹ Son 5 áreas de intensificación, a 18 créditos, y 9 asignaturas optativas, a 6 créditos.

⁵⁰ De acceso directo a partir de cuarto curso una vez obtenido el título de Arquitecto Técnico. Es una titulación que nace sin competencias.

⁵¹ El alumno de nuevo ingreso, que debía elegir legítimamente entre la estructura oficial del plan y la ordenación en cuatro cursos de la Escuela, se inclinó mayoritariamente por esta segunda opción.

final de carrera se le reconoce ya su duración efectiva⁵², y además se instauro el segundo ciclo de Ingeniero de Materiales. Es el primer paso para su conversión en escuela técnica superior.

La distribución de asignaturas por cursos de la segunda opción de este PE se puede consultar en el Anexo 1.

4.4. La adaptación del título al Espacio Europeo de Enseñanza Superior

La adaptación del PE al Espacio Europeo de Enseñanza Superior⁵³ supuso una serie de cambios importantes que están profusamente detallados en la Memoria de Solicitud de Verificación del Título de Grado en Ingeniería de Edificación. No se va a hacer aquí ni siquiera un resumen de dicha Memoria, pero sí que nos referiremos a algunas cuestiones concretas que caracterizan al nuevo título.

En cuanto a los aspectos formales la adaptación supone los siguientes cambios que se recogen en el RD 1393/2007⁵⁴:

- Las enseñanzas universitarias se estructurarán en tres ciclos denominados Grado, Máster y Doctorado.
- Las enseñanzas oficiales se concretarán en planes de estudios que serán elaborados por las universidades, con sujeción a las normas y condiciones que les sean de aplicación en cada caso. Dichos planes de estudios habrán de ser verificados por el Consejo de Universidades y autorizados en su implantación por la correspondiente comunidad autónoma.
- El haber académico que representa el cumplimiento de los objetivos previstos en los planes de estudios conducentes a la obtención de títulos universitarios oficiales se medirá en créditos europeos ECTS⁵⁵.

⁵² La asignatura Proyecto Final de Carrera, de 4,5 créditos, estaba concebida bajo una metodología diferente, en la que cada crédito era equivalente a 200 horas de trabajo del alumno, de tal forma que, aunque, formalmente estaba situada en el sexto y último semestre, realmente suponía un semestre adicional de desarrollo del PE. Este aspecto aparecía explícitamente reseñado en el BOE en el momento de la aprobación del PE.

⁵³ Espacio Europeo de Enseñanza Superior, en adelante EESS.

⁵⁴ Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias (BOE-A-2007-18770).

⁵⁵ Créditos europeos, en adelante ECTS, de su acrónimo en inglés European Credit Transfer System.

Para la creación de los nuevos planes de estudios de las enseñanzas de Grado, algunas de las especificaciones que el RD establece son las siguientes:

- Los planes de estudios tendrán 240 créditos.
- La Universidad propondrá la adscripción del título de grado a alguna de las ramas de conocimiento siguientes:
 - Artes y Humanidades
 - Ciencias
 - Ciencias de la Salud
 - Ciencias Sociales y Jurídicas
 - Ingeniería y Arquitectura
- El plan de estudios deberá contener como mínimo 60 créditos de formación básica, de los que al menos 36 créditos estarán vinculados a alguna de las materias que se recogen en el Anexo 2 del decreto, para la rama de conocimiento a la que se pretenda adscribir el título.

En cuanto al reconocimiento de los créditos de Grado, el RD también establece que, siempre que el título al que se pretende acceder pertenezca a la misma rama de conocimiento, serán objeto de reconocimiento los créditos correspondientes a materias de formación básica de dicha rama. Dichas materias básicas para el área de conocimiento de Ingeniería y Arquitectura, recogidas en este decreto son:

- Empresa
- Expresión Gráfica
- Física
- Informática
- Matemáticas
- Química

Con todo ello el título propuesto se diseñó para permitir la inserción laboral de los graduados en Ingeniería de Edificación por la UPV en el amplio abanico de actividades de carácter profesional que actualmente desempeña el Arquitecto Técnico. Además, garantizaba, por su carácter de Grado, el acceso a otros niveles formativos y de especialización académica y profesional, posibilitándose esta especialización desde la estructura cíclica de formación universitaria establecida a partir de los acuerdos de Bolonia.

Por su parte la UPV, y dentro de esa adaptación a las directrices de Bolonia, señaló como sus fines la intensificación en la cooperación internacional mediante el

intercambio de miembros de la comunidad universitaria, la colaboración en el campo de la docencia, la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación, y lo materializó con programas para la movilidad de estudiantes, como el Sistema de intercambio entre Centros Universitarios Españoles (SICUE), el Programa Español de Ayudas a la Movilidad de Estudiantes (SENECA), el Programa de Intercambio Europeo Sócrates-Erasmus y el Programa de Ayudas para el intercambio con centros no europeos PROMOE, y con programas para la movilidad de profesorado, como las estancias cortas Sócrates-Erasmus, el Programa APICID (Aportación para Internacionalización, Colaboración Internacional y Docencia), el Programa Mentor y el Programa de Docencia en Inglés de la UPV.

4.5. El Plan de Estudios del Título de Grado de Ingeniería de Edificación

El PE del Título de Grado de Ingeniería de Edificación adaptado ya al EEES es el que se encuentra actualmente en vigor⁵⁶.

En el año 2005 la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación⁵⁷ publicó el Libro Blanco del título de Grado en Ingeniería de Edificación, tomando como base la titulación de Arquitectura Técnica⁵⁸, y que daría acceso a la profesión regulada ya existente de Arquitecto Técnico. Hablemos primero de la estructuración de sus contenidos.

Se organiza en cuatro cursos de 60 créditos ECTS cada uno de ellos. Cada crédito supone un volumen total de trabajo del alumno que se sitúa en el intervalo de 25 a 30 horas por crédito⁵⁹. Cada crédito ECTS supone 10 horas de docencia presencial, en cualquiera de sus modalidades, y entre 15 y 20 horas para el resto del trabajo del alumno, incluida la evaluación⁶⁰. Con carácter general, la docencia práctica no podrá superar el 50% del total de la docencia presencial de la materia, es decir, las 5 horas por crédito impartido.

⁵⁶ Aunque con otra denominación como se verá en el siguiente apartado de este capítulo.

⁵⁷ Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, en adelante ANECA.

⁵⁸ Arquitectura Técnica, en adelante AT.

⁵⁹ De acuerdo con la definición de crédito ECTS, recogida en el Real Decreto 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional (BOE-A-2003-17643).

⁶⁰ De acuerdo con el Documento Marco de Diseño de Titulaciones UPV.

El PE por tipo de materias se estructura respetando las premisas y recomendaciones recogidas en el RD 1393/2007 y en el Documento Marco de la UPV. Los contenidos del título se agrupan en módulos y materias. La distribución de créditos por módulos y materias se ha definido teniendo en cuenta, además de las reglas anteriores, los criterios mínimos de agrupación disciplinar señalados en la Orden ECI/3855/2007⁶¹, sobre los títulos oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico. Las asignaturas que desarrollan los módulos y las materias tienen un tamaño mínimo de 4,50 créditos para las asignaturas semestrales; el de una asignatura anual es de 9 créditos como mínimo; y el de las asignaturas pertenecientes a materias básicas es de 6 créditos. Con el fin de facilitar el ajuste de las asignaturas al plan de estudios cada semestre puede tener entre 27 y 33 créditos.

La distribución del PE en créditos ECTS por tipo de materia, por módulos y por materias, al igual que la distribución secuencial y detallada de las asignaturas por cursos y semestres se puede consultar, en este caso también, en el Anexo 1.

Se destinan 6 créditos ECTS al módulo obligatorio Prácticas Externas, entre cuyas competencias se ha incluido específicamente la referida al desarrollo de aptitudes sociales y de la capacidad de comunicación del alumno y que está diseñado como refuerzo formativo adicional de muy diversas competencias derivado de la experiencia profesional y persigue, asimismo, favorecer la inserción laboral del alumno. Los 12 créditos ECTS del Proyecto Fin de Grado tienen carácter obligatorio. El PFG debe constituir un ejercicio de integración de las enseñanzas recibidas y las competencias adquiridas. Por último, el PE contempla 18 créditos ECTS se organizan en dos módulos optativos de complementos específicos e intensificación, dotados con 6 y 12 ECTS respectivamente, que deben permitir al alumno ahondar en una o varias materias directamente relacionadas con los diferentes ámbitos de especialización profesional, de formación científica o tecnológica e instrumental.

Pero además de la nueva estructuración de contenidos, la adaptación de la, hasta ahora, diplomatura en Arquitectura Técnica a Título de Grado conllevó además la intención del **cambio en la denominación**. Esto fue en su momento el centro amplios debates, tanto en el ámbito académico como en el profesional. La denominación de Arquitecto Técnico no existe como tal en la mayoría de los países de la Unión Europea e, impulsado por la declaración de Bolonia, se hizo más

⁶¹ ORDEN ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico (BOE-A-2007-22447).

evidente la necesidad de convergencia y homologación dentro del EEES. Para la nueva denominación se sopesaron algunos aspectos que llevaron desde el inicio del debate a presentar dos alternativas a la denominación.

Una de las alternativas optaba por incluir la palabra “ingeniería”. Se enfatizaba así la formación tecnológica, al tiempo que acercaba la titulación a los restantes países de la Unión Europea, en los cuales las titulaciones con contenidos académicos asimilables y con ejercicios profesionales afines tienen denominaciones muy dispares entre las que predominan las ingenierías.

La otra alternativa pasaba por mantener la palabra “arquitectura” ya que la nueva titulación iba a ser la continuación natural de la, hasta entonces, Arquitectura Técnica, siempre dentro del ámbito técnico de la Arquitectura y desarrollando funciones propias. Venía a apoyar esta propuesta el hecho de que la denominación actual de la titulación de Arquitecto Técnico y la de Arquitecto han coexistido con normalidad en el ámbito nacional académico y profesional. También es cierto que en Europa hay algunas titulaciones asimilables a la actual de Arquitecto Técnico que incorporan las palabras arquitecto/arquitectura.

Así la nueva titulación, basada en la de AT, trataba de definir un nuevo profesional que recogiese y ampliase la formación actual, que asumiese las funciones tradicionales y las de los nuevos perfiles profesionales emergentes. Al mismo tiempo había de ser fácilmente entendible, por ser similar a la que ostentan mayoritariamente los profesionales europeos que desempeñan funciones análogas en sus países respectivos. En consecuencia, y por todo lo expuesto anteriormente, la propuesta aceptada acabó siendo la de Título de Grado en Ingeniería de Edificación (ANECA 2005).

Pero, aparte de la cuestión de la denominación, hubo otros dos aspectos fundamentales que también contaron con un amplio consenso entre las escuelas y los profesionales.

Por una parte terminar con las duraciones desiguales que hasta entonces se daban entre las programaciones de los estudios de AT en las distintas universidades. El hecho de que coexistiesen programaciones de 180 o de hasta 270 créditos creaba problemas tanto desde el punto de vista académico como profesional.

Por otra, la última cuestión en la que todos los implicados estaban de acuerdo era en las expectativas creadas alrededor de los contenidos y capacitaciones que la nueva titulación aportaría a la profesión. El Libro Blanco, pensando en la

transformación que el sector de la construcción estaba ya demandando, pretendía claramente que los contenidos de la docencia fuesen más allá de las competencias legales de la profesión. Debía atender a nuevas exigencias docentes y metodológicas que no solo formasen a los estudiantes en las competencias profesionales, sino que les preparasen para ese nuevo mundo de la investigación académica y la innovación tecnológica que el sector demandaba y que el grado ahora hacía viable para unos titulados que lo habían tenido vetado por ley hasta entonces. Con esta nueva ordenación docente podía acceder a titulaciones de máster y doctorado y, por tanto, a estructuras académicas y tecnológicas de investigación.

4.6. Estado actual del Título de Grado

Bien, pues a pesar de todo lo anterior, este apartado no se puede titular “Estado actual del Título de Grado en Ingeniería de Edificación” como sería la lógica continuación del anterior⁶². Y no se puede hacer porque ese Grado ya no existe. Al menos no en la mayoría de las escuelas universitarias que imparten la titulación que habilita para la profesión regulada de arquitecto técnico. En concreto en la ETSIE de la UPV actualmente se imparte el Grado en Arquitectura Técnica.

Vamos repasar cómo han devenido los acontecimientos desde 2007.

Hasta entonces, como se ha visto, era el Gobierno el que mediante real decreto creaba los títulos oficiales universitarios y sus contenidos formativos mínimos. A partir del RD 1393/2007 esta competencia para crear enseñanzas y títulos pasa a la propia Universidad sin necesidad de que haya un catálogo previo como hasta ese momento. Esto es así para cualquier título a excepción de los títulos habilitantes para actividades profesionales. En ese caso el Gobierno debe, de algún modo, establecer las condiciones que garanticen que los títulos acreditan la posesión de las competencias y conocimientos adecuados para esas profesiones. Pero seguirá siendo cada Universidad la que decida la denominación de las titulaciones que imparte. En ese marco legal, la Orden ECI/3855/2007 establece los requisitos de verificación de los títulos universitarios oficiales que habilitan para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico dentro del marco del Proceso de Bolonia, y fueron 34 las universidades españolas que verificaron títulos en España empleando la

⁶² Por la misma razón que vamos a exponer se ha titulado el Capítulo actual como se ha hecho.

denominación de Grado en Ingeniería de Edificación y empezaron a impartir dicho título de Grado.

El Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales⁶³ interpuso recurso a la reserva de denominación (que no del Título) de “Graduado en Ingeniería de Edificación” ante el Tribunal Supremo⁶⁴. Este anuló dicha reserva mediante sentencia de su Sala 3ª de 9/03/10⁶⁵, e indirectamente también el Acuerdo del Consejo de Ministros que lo había aprobado y la Orden ECI/3855/2007. El argumento que el TS utilizó en su sentencia es que es necesario que las denominaciones de las titulaciones coincidan con el de las profesiones reguladas a las que da acceso, argumento al que no se hace referencia alguna en el RD. Y todo ello a pesar de que dicha denominación se había decidido por las 34 universidades españolas contando con el apoyo de la profesión, con la aprobación de la ANECA y del Ministerio de Educación y Ciencia, habiendo sido sus correspondientes planes de estudios aprobados por el Gobierno, y habiéndose procedido al registro oficial de los nuevos títulos académicos propuestos por las universidades. La primera denominación de Título de Grado en Ingeniería de Edificación que anula el TS es la de la Universidad de Antonio de Nebrija.

Ante esa anulación, el Consejo General de la Arquitectura Técnica⁶⁶ manifestó que la confusión que la denominación podía causar lo era al mismo nivel que la que podían causar otras titulaciones como la de Grado en Derecho con respecto a la variedad de profesiones reguladas para las que habilita (abogado, procurador o juez entre otras), o la de grado en ciertas ingenierías cuya denominación no encaja con ninguna profesión. Así mismo manifestó su desolación por la anulación de algo que había sido fruto de un importante debate, con mucha participación desde todos los estamentos implicados, que el Consejo de Universidades había ratificado, que los correspondientes órganos de las CCAA responsables de la materia aprobaron, cuya propuesta fue elevada por el Ministerio de Educación al Consejo de Ministros que finalmente lo adoptó y que “...se puede ver en el Libro Blanco del Título de Grado en Ingeniería de Edificación, realizado por dicha comunidad universitaria al amparo de la convocatoria que al efecto realizara la ANECA...”. (CGATE. Asesoría Jurídica, 2011).

⁶³ Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales, en adelante CGCOII.

⁶⁴ Tribunal Supremo, en adelante TS.

⁶⁵ <https://www.boe.es/boe/dias/2010/08/07/pdfs/BOE-A-2010-12708.pdf>

⁶⁶ Consejo General de la Arquitectura Técnica, en adelante CGATE.

Por su parte y también ante la sentencia del TS, en marzo de 2011 la Dirección General de Política Universitaria, dependiente de la Secretaría de Universidades del Ministerio de Educación, dirigió una carta aclaratoria⁶⁷ a los rectores de las otras 33 universidades que impartían el título en aquel momento en la que les decía que

“La sentencia fundamenta la anulación del título exclusivamente en lo concerniente a la denominación de “Ingeniero de la Edificación”, sin que quepa por tanto cuestionar otros aspectos tales como los relativos al plan de estudios conducente a la obtención de dicho título, a la validez de los estudios cursados ni a la habilitación de los mismos para el ejercicio de la profesión de arquitecto técnico. Por tanto, todos los estudiantes que han cursado o están cursando dichas enseñanzas...estarán habilitados, a la finalización de las mismas, para acceder al ejercicio de la profesión de arquitecto técnico...”.

Y que

“... la referida sentencia afecta exclusivamente al título de la Universidad Antonio de Nebrija, por lo que hasta tanto no se produjeran nuevos pronunciamientos, el resto de las universidades españolas, podrán continuar ofertando tales enseñanzas y expidiendo los correspondientes títulos con la denominación que ya ha sido aprobada.”

La Conferencia de Directores de Centros que imparten Arquitectura Técnica e Ingeniería de Edificación en España⁶⁸ remitió por dos veces⁶⁹ sendas declaraciones expresando su rechazo a la sentencia del TS al respecto de la anulación de la reserva. En ambos se manifestaba la inequívoca decisión de seguir optando por la denominación anulada y se instaba al Ministerio de Educación a establecer con la máxima urgencia las garantías necesarias para salvaguardar los derechos de

⁶⁷<http://www.codatie.es/documents-per-penjar/carta-dgpu-a-rectores-ingenieria-de-edificacion.pdf> (Última visita 04/09/2015)

⁶⁸ Conferencia de Directores de Centros que imparten Arquitectura Técnica e Ingeniería de Edificación en España, en adelante CODATIE.

⁶⁹ En 28 de marzo DE 2011 la Declaración conjunta de la Conferencia de Directores de Centros que imparten Arquitectura Técnica e Ingeniería de Edificación en España a raíz de la reunión celebrada en Madrid con Rectores, Directores de Escuela y Director General de Política Universitaria del Ministerio de Educación.

<http://www.unav.edu/documents/11310/f75ea037-ba81-40cf-a890-755e7db8fd97>. (Última visita 04/09/2015)

Y en 5 de julio de 2011 la Declaración conjunta de los Directores de Escuelas y Centros Docentes que imparten en España la Titulación de Ingeniería de Edificación.

http://www.edificacion.upm.es/ultimas_noticias/CONFERENCIA_DIRECTORES_Madrid_5_julio_2011.pdf (Última visita 04/09/2015)

estudiantes y profesionales afectados por la misma. Pedían así mismo a los rectores que se posicionaran. En el segundo escrito solicitaban incluso al Ministerio las modificaciones legales necesarias para evitar futuras reclamaciones.

Así las cosas, en 2012 son ya siete las universidades españolas⁷⁰ con la denominación de los títulos de Grado suspendida cautelarmente por los Tribunales Superiores de Justicia⁷¹ de las CCAA correspondientes, entre ellas la UPV.

En marzo de 2012 se presenta una proposición no de ley en el Congreso de los Diputados⁷² exigiendo que:

- el principio de autonomía universitaria en la definición de las enseñanzas, de sus denominaciones y sus contenidos quede absolutamente garantizado;
- todas las titulaciones ya implantadas que fueron acordadas por las universidades y el Consejo de Ministros en el proceso de construcción del EEES sean oficialmente reconocidas y, de forma expresa, la de Grado en Ingeniería de Edificación.

Al respecto de aquellas dos declaraciones de la CODATIE a las que se hace referencia más arriba resulta muy recomendable la lectura del profundísimo y perfectamente argumentado análisis que de la titulación y de su evolución hace Sánchez Grandía⁷³. Si la lectura de la ponencia da una idea muy clara y documentada de cómo se ha llevado a cabo la evolución y todo lo que ha supuesto para los que la han gestado desde las escuelas, aún más interesante resulta el análisis de “...los argumentos académicos bajo los que las Escuelas han considerado imposible la proposición de una denominación alternativa...”. (Sánchez Grandía 2013)

A diferencia de los argumentos esgrimidos por los demandantes que siempre han dejado de lado la parte formativa y se han centrado en cuestiones de denominación, confusión de denominaciones y otras cuestiones superficiales, Sánchez Grandía lo argumenta desde el punto de vista académico. Así defiende la clara correspondencia de los PE de Ingeniería de Edificación con los de otras ingenierías: la presencia de materias de fundamento científico, tecnológico y de gestión, por ejemplo. En base a este análisis dos resultados: el primero la

⁷⁰ País Vasco, Burgos, CEU San Pablo, La Coruña, La Laguna y Sevilla.

⁷¹ Tribunales superiores de Justicia, en adelante TSJ.

⁷² http://www.congreso.es/public_oficiales/L10/CONG/BOCG/D/D_063.PDF (Última visita 04/09/2015)

⁷³ Rafael Sánchez Grandía, por entonces Director de la ETSIE de la UPV y miembro de la CODATIE.

argumentación pormenorizada que hace de su rechazo a cualquier alternativa de título que no sea el de Ingeniería de Edificación; y el segundo, su posicionamiento claro frente al Ministerio de Educación al que acusa de haber permitido una situación que nunca se debió dar y que ha causado un daño irreparable a las escuelas, a las universidades, a la profesión y a los estudiantes, más allá de la confusión que ha creado en el tejido productivo y en la sociedad en general.

A día de hoy, las consecuencias de la complejísima batalla judicial en la que la titulación de Ingeniería de Edificación se encuentra envuelta se adelantaban en el informe del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de 6 de mayo de 2013. Cada una de aquellas 34 universidades españolas se encuentra en la actualidad en una o varias de estas situaciones:

- La sentencia del TS al recurso interpuesto por el CGCOII anula la denominación de “Ingeniería de Edificación” tanto del Acuerdo del Consejo de Ministros (2007) como de la Orden ECI/3855/2007.
- Bien por sentencias de anulación de la denominación del título, bien por autos de suspensión provisional, el TS ha ido confirmando su postura en base a la confusión que según su criterio crea la denominación.
- Se admiten a trámite recursos contra los rectores y la publicación de los PE interpuestos ante los TSJ cuando no se ha llegado a tiempo de hacerlo contra el Acuerdo del CM.
- El Ministerio de Educación, Cultura y Deporte⁷⁴ decide no llevar a CM nuevas propuestas de título que ostenten esa denominación sea cual sea su estado de tramitación legal.
- Las universidades están acudiendo a la jurisdicción constitucional en recurso de amparo para solicitar que les sea desestimado el subsiguiente incidente de nulidad de actuaciones.
- El MECD ha promovido la adopción de un acuerdo consensuado entre los actores implicados para encontrar denominaciones alternativas satisfactorias que permitan a las universidades emitir títulos para sus egresados.
- Bastantes de esos expedientes han culminado y prácticamente todas las universidades ya tienen una nueva denominación oficial.

⁷⁴ Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, en adelante MECD



Esas nuevas titulaciones oficiales adoptadas por las distintas universidades son, para el curso 2015-16 las que se detallan en la Tabla 3.

Titulación	Universidad
Grado en Edificación	Universidad Alfonso X el Sabio (Madrid)
	Universidad Camilo José Cela (Madrid)
	Universidad Politécnica de Madrid
	Universidad de Navarra
	Universidad de Granada
	Universitat de les Illes Balears
	Universidad de Extremadura
Grado en Arquitectura Técnica	Universitat Politècnica de València
	Universidade da Coruña
	Universidad Europea Miguel de Cervantes (Valladolid)
	Universitat Jaume I (Castelló)
	Universidad del País Vasco
	Universidad de Alicante
	Universidad de Burgos
	Universidad de Salamanca
	Universidad Zaragoza
	Universitat de Girona
	Universitat de Lleida
Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación	Universidad Ramón Llull (Barcelona)
	Universitat Politècnica de Catalunya
Grado en Ciencia y Tecnología de Edificación	Universidad de Sevilla
Grado en Ciencia y Tecnología de la Edificación	Universidad de Alcalá (Alcalá de Henares)
Grado en Ingeniería de Edificación	Universidad Politécnica de Cartagena
	Escuela Politécnica de Cuenca
	Universidad de La Laguna
	Universidad Europea de Madrid
Grado en Ingeniería de la Edificación	Universidad Pontificia de Salamanca
	Universidad Católica San Antonio (Murcia)

Tabla 3. Nuevas titulaciones alternativas al Grado en Ingeniería de Edificación. 2015. Elaboración propia

Los cambios de denominación no han impedido la interposición de nuevos recursos, llamados de segunda generación, contra la denominación elegida.

En el caso concreto de la implantación del Título de Grado en la Universitat Politècnica de València, el proceso ha sido el siguiente:

- El Consejo de Gobierno de la UPV de 21 de enero de 2009 aprueba el Título Grado en Ingeniería de Edificación y la ETSIE lo implanta en el curso 2009-2010 en 1^{er} curso. El resto de cursos se implantan simultáneamente en el curso siguiente.
- Durante los cursos 2009-2010 hasta 2013-2014 se estuvo impartiendo simultáneamente la Titulación de Grado y la anterior. La docencia de las asignaturas de AT, en su organización docente en 4 cursos, fue desapareciendo curso a curso, manteniéndose las 2 convocatorias de examen durante los 2 últimos años en los que ya no hubo docencia. Para el curso 13-14 todo alumno matriculado en AT debía haber terminado esa titulación o debía haberse adaptado al Grado.
- Este proceso de adaptación tuvo especial importancia en el curso 2009-10 para aquellos alumnos que tuviesen en esa fecha pocos créditos de AT aprobados, a los que se les aconsejó la adaptación inmediata. También para aquellos a los que les quedaba por superar el Proyecto Final de Carrera y 30 créditos como máximo de AT. En ese caso el alumno podía terminar sus estudios con el título de Ingeniero de Edificación superando tres asignaturas adicionales.
- Además, desde el mismo curso 2009-2010 hasta el actual, y también durante el próximo curso 2015-16 los profesionales ya titulados en AT pueden obtener el Título de Grado a través del reconocimiento de complementos formativos por la superación de algunas materias y/o por la valoración de la experiencia profesional.
- El TSJ de la Comunitat Valenciana en un auto dictado en febrero de 2012 suspende cautelarmente la denominación del título de Grado en Ingeniería de Edificación.
- Por ello el Consejo de Gobierno de la UPV en septiembre de 2012 decide por *"imperativo judicial"*, según palabras de Fernández Prada, Vicerrector de Ordenación Académica, cambiar la denominación del título a Grado en Arquitectura Técnica *"de modo coyuntural mientras se mantenga la situación de suspensión cautelar"* y *"para evitar los perjuicios que pudieran causarse a nuestros egresados hasta que se finalicen los procedimientos judiciales oportunos"*.

De cualquiera de estas formas, los alumnos han obtenido el título de Grado en Ingeniería de Edificación o de Grado en Arquitectura Técnica, con la certeza de que exclusivamente ellos, y por supuesto los que todavía conserven su título de Arquitecto Técnico, podrán ser competentes para el ejercicio de la profesión de arquitecto técnico. Son los que, cada uno en su momento, fueron de forma exclusiva diseñados para garantizar que el titulado ha adquirido las habilidades requeridas para ello.

La situación legal del título en la UPV día de hoy es la siguiente⁷⁵:

*“En la ciudad de Valencia, a 14 de mayo de 2014. Visto por la Sección Quinta de la Sala de lo Contencioso-Administrativo del Tribunal Superior de Justicia de la Comunidad Valenciana (...) el recurso contencioso-administrativo (...) interpuesto (...) en nombre y representación del CGCOII, contra la Resolución de 26 de julio de 2010 de la UPV por la que se publica el Plan de estudios de Graduado en Ingeniería de Edificación, (...) fallamos la **inadmisibilidad** del recurso (...).”*

4.7. La arquitectura técnica del futuro

Puede decirse pues que los profesionales de la arquitectura técnica y las escuelas que imparten los estudios, se encuentran actualmente enfrentados a los mismos colectivos.

Por una parte, a los profesionales de las ingenierías, siempre por una cuestión de competencias. Se trata de un enfrentamiento indirecto con este colectivo a través de la futura LSP, pero claramente provocado por una cuestión de competencias a raíz de la anulación de la reserva de exclusividad que prevé el anteproyecto de dicha ley sobre la dirección de la ejecución de obras en obras con proyectos redactados por arquitectos. Y de un enfrentamiento directo con el colectivo de ingenieros por los recursos judiciales que su consejo general ha interpuesto contra

⁷⁵<http://www.poderjudicial.es/search/doAction?action=contentpdf&database=AN&reference=7138850&links=%22437%2F2011%22%20%22341%2F2014%22&optimize=20140804&publicinterface=true> (Última visita 04/09/2015)

las distintas universidades. Enfrentamiento que no está tan claro que sea sobre competencias por estar encubierto tras una burda cuestión de “denominación”.

Y por otra, a una administración estatal y/o autonómica, según el caso, que

“...han manifestado un notorio desinterés por la resolución del contencioso que ha afectado a la denominación del título de Grado en Ingeniería de Edificación. Se ha podido oír que la cuestión de la denominación no es relevante, y que, desde luego, no podía ser una rémora para que este potencial de crecimiento pudiera ser desarrollado.” (Sánchez Grandía 2013)

Se enfrentan, pues, profesión y academia a un problema común, por una cuestión de competencias, de forma directa o indirecta, clara o encubierta, pero con puntos de vista y por tanto prioridades a la hora de afrontarlo, distintas.

Ante todo esto son muchos los que se preguntan si realmente existirá la arquitectura técnica del futuro.

Que existirá como lo ha sido hasta ahora es claro que no; que se denominará arquitectura técnica tanto la profesión como los estudios no deberían.

Pero ni una cosa ni la otra la sabemos con certeza.

Quizá habría que volver al año 2005 en que se redactó el Libro Blanco de la Ingeniería de Edificación. Pero no para volver a redactarlo por fracasado en sus contenidos u obsoleto por cuestiones legales, sino para recuperar su espíritu y las cuestiones esenciales que hicieron a aquellas personas a pensar así esta profesión; para volver a recuperar la intenciones de formar estudiantes, futuros profesionales de la edificación en competencias reales, las demandadas realmente por la sociedad y el tejido productivo del sector; hacerlo con independencia de las atribuciones que la ley le otorgue y basado más en las capacitaciones que el diseño curricular de los estudios garantice al egresado; diseñar ese currículo a partir de contenidos y metodologías de trabajo que garanticen no solo el ingreso con solvencia en el campo profesional, sino también en el de la investigación tanto de innovación como académica en estudios de posgrado. En resumen encontrar, en toda esta incertidumbre en que se halla inmersa, la oportunidad.

Conclusiones Parte II

Esta antigua profesión evolucionó y se desmarcó de la de arquitecto y constructor para llegar, no solo a tener sus propias atribuciones y competencias, sino a estar regulada por ley, esto es, respaldada por una titulación oficial.

Si tuvo o tiene una firme consciencia de colectivo, de gremio, puede discutirse. Es cierto que en ocasiones no lo ha demostrado. Puede recurrirse a la hemeroteca reciente a comprobarlo. Sin embargo, cuando apareció la necesidad de adaptar al EEES los estudios que dan acceso a la profesión, el consenso fue indiscutible, no solo dentro del colectivo académico, sino también entre este y el profesional.

Era mucho lo que estaba entonces en juego: homogeneizar la duración de los estudios de las distintas escuelas; dejar de ser una titulación de “grado medio” para convertirse en una titulación de grado equiparándose al nivel del resto de estudios universitarios (antiguas licenciaturas); cambiar una denominación existente solo en España por otra más entendible en el resto de Europa; adecuar los contenidos y las metodologías de estudio para poder entrar por derecho en los estudios de posgrado y, con ellos, en la investigación académica; modificar los contenidos académicos para poder ir más allá de las competencia legales y poder dar respuesta a las nuevas exigencias del sector productivo; y todo ello sin perder un ápice de esas competencias que le garantizaba la ley como profesión regulada.

Ese consenso se evidenció, como señala Sánchez Grandía (2013), en la valoración que del Libro Blanco de la Ingeniería de Edificación hizo la ANECA cuando lo aprobó:

“Merece destacarse el trabajo realizado para la definición de la situación de la actividad profesional y de los estudios en Europa, los perfiles profesionales y las competencias transversales y específicas asociadas a ellos en la titulación propuesta.”

Y se demostró que ese consenso se extendía más allá del ámbito académico por las palabras de agradecimiento que los directores de las escuelas dedicaron al colectivo profesional y que aparecen en la propia introducción del Libro:

“...por la buena disposición mostrada, por su colaboración y por todas las aportaciones planteadas desde la profesión, que han contribuido a los contenidos del proyecto, respetando en todo momento los criterios académicos...”

Actualmente hay dos espadas de Damocles pendiente sobre el futuro de la profesión. Una es el cambio de atribuciones que se derivaría de la aprobación de la prevista Ley de Servicios Profesionales, y otra es la situación jurídica en la que se encuentra la denominación del título.

¿No hay consenso en este caso en el colectivo profesional, en el académico y entre ellos? Pareciese que no lo hay. Pero vamos analizarlo.

En la primera cuestión, la de la reserva de exclusividad de algunas de las atribuciones, pudiera parecer que no lo hay por la incertidumbre. Parece ser que la aprobación de la ley es un compromiso del Gobierno Español con Europa, pero el contenido definitivo, el alcance, la repercusión e incluso los plazos administrativos de la misma, son una incógnita a día de hoy. Lo son tanto por los intereses contrapuestos de los colectivos profesionales implicados, como por la dificultad administrativa que supone resolver esta cuestión al final de una legislatura como nos encontramos ahora. Esta cuestión afecta de forma directa al colectivo profesional que ve perjudicada su parcela actual de competencias profesionales en el ámbito de la edificación. Además, en todo lo que se refiere a la sostenibilidad, la eficiencia energética en la edificación, peritaciones, auditorías, certificaciones, estudios de viabilidad energética, rehabilitación energética, inspecciones técnicas, etc., ha aparecido un abanico de posibilidades de trabajo al que otros colectivos de técnicos también quieren tener acceso.

Algunas de estas atribuciones no están explícitamente reseñadas en la legislación actual. Ello ha llevado a situaciones puntuales en las que las competencias de unos frente a las de otros en estos campos, por ejemplo las de arquitectos técnicos y arquitectos frente a las de ingenieros, se estén dirimiendo en los tribunales. Un ejemplo de ello, entre muchos otros, es la reciente sentencia del TSJ de Cataluña⁷⁶

⁷⁶ Sentencia del TSJ de Cataluña, de 22 de enero de 2015, de la Sala de lo Contencioso Administrativo, Sección Tercera por la que se desestima el recurso número 42/2011 contencioso-administrativo interpuesto por el Colegio

apoyando un decreto de la Generalitat que no reconoce la competencia de los ingenieros industriales para realizar las ITES (Inspecciones Técnicas de Edificios). Todo ello contribuye lógicamente a enrarecer el ambiente y a centrar al colectivo profesional de los arquitectos técnicos más en esta primera cuestión de defensa de sus atribuciones que no en la segunda.

Con la segunda cuestión nos referimos a la de la denominación del título. La situación jurídica es demasiado compleja para que tenga una solución a corto plazo y de momento ni siquiera homogénea para todas las universidades. Hay recursos presentados y sentencias o autos de respuesta a estos recursos en tribunales de distinto rango simultáneamente y que afectan a todas las escuelas a la vez o a cada una de ellas en particular. Esto hace que cada una de ellas se encuentre, por plazos, en una situación jurídica distinta, afectada por el TS, por el TSJ de la CA correspondiente, o por ambos.

Por ejemplo, hemos visto que las denominaciones son diversas; algunas escuelas mantienen la palabra “ingeniería” en su denominación sin haber sido recurrida o están en espera de resolución al recurso; la de otras ha sido recurrida y han optado por cambiarla provisionalmente; y, por último, como ha ocurrido en València, tras ser recurrida y cambiada provisionalmente, el TSJ de la Comunitat ha dictado sentencia favorable a la UPV.

Sin embargo, a este respecto todo el mundo tiene claro, y por tanto también el colectivo profesional, que una u otra denominación, provisional, alternativa o definitiva, no va a afectar a las competencias y atribuciones que de momento tiene la profesión de arquitecto técnico, que es a lo que se alude al final de cualquier resolución judicial. Es por ello que, como decíamos, para los profesionales y para quienes los representan, los colegios, esta cuestión no es una prioridad, inmersos como están en una devastadora crisis del sector de la construcción y con un ALSP pendiente de debate en el Congreso de los Diputados.

Por su parte, cualquier cambio competencial y de atribuciones que se derivase del debate, tramitación y aprobación del actual ALSP necesitaría ineludiblemente una reestructuración, cuando no un cambio radical, en los planes de estudio de arquitectura técnica que se encuentran en vigor desde 2009. Son estos precisamente los planes de estudios la denominación de cuyo título se encuentra

de Ingenieros Industriales contra el Decreto de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalitat de Catalunya 187/2010, sobre la inspección técnica de edificios de viviendas.
<http://www.poderjudicial.es/search/doAction?action=contentpdf&datasematch=AN&reference=7366012&links=&optimize=20150505&publicinterface=true> (Última visita 04/09/2015)

en los tribunales. En algunos casos a través de los recursos presentados contra los rectores en los TSJ de las CCAA por la aprobación de los propios planes. Y es la denominación de los títulos que cada una de ellas está año tras año expidiendo. Es lógico pues que para las universidades, y para el resto del colectivo académico, esta sea su prioridad. De alguna manera su crédito y prestigio social se ha puesto en entredicho.



PARTE III. BUILDING INFORMATION MODELING



Capítulo 5. Building Information Modeling

5.1. Antecedentes

La crisis financiera internacional que sobrevino en el 2008 como consecuencia de la compra generalizada, por parte de grandes fondos de inversión, de activos tóxicos hipotecarios calificados como productos de alta rentabilidad garantizada, trajo consigo el cuestionamiento de todo el sistema económico actual.

Todos los sectores industriales se vieron afectados por esta situación en mayor o menor medida pero el sector de la construcción fue uno de los más golpeados. Inicialmente se le señaló como el causante de la crisis. La desconfianza crediticia provocó que el sector no encontrase fondos para financiar su actividad y los compradores finales tampoco podían optar a préstamos hipotecarios para adquirir cualquiera de los productos inmobiliarios.

Esta situación coyuntural en la que a día de hoy aún nos encontramos puso de manifiesto, además, las graves deficiencias estructurales que el sector de la construcción tiene. Numerosas han sido desde entonces las voces autorizadas que reclaman una reconversión del sector, un cambio en el modelo productivo y una apuesta por la innovación, la mejora de la productividad y la competitividad, escapar de la especulación y el intrusismo y fomentar la profesionalización y mayor cualificación de la fuerza de trabajo y conocimiento de esta industria. Dicho de otro modo: que se convierta en una industria que genere valor añadido a la riqueza de un país (Winch 2003b).

La revisión de la producción científica en este sentido nos muestra que la mayoría de los autores realizan la analogía entre la industria manufacturera y la industria de la construcción (Crowley 1998, Winch 2003a), los procesos de reconversión de la primera y la posibilidad de su aplicación a la segunda, respetando sus propias características e idiosincrasia. Se busca trasladar, adaptar y aplicar otros modelos

productivos a la construcción. Pero no todas las propuestas han tenido éxito, detalle que, sin duda, nos muestra que no es fácil replicar en la construcción soluciones que en otros sectores sí que han funcionado. (Fuentes Giner 2014)

El sector de la construcción reúne una serie de características comunes independientemente del país en el que se analice y que lo convierten en un sector productivo al margen de la mayoría de las teorías económicas y de productividad que podrían ser aplicables al resto. (Fuentes Giner 2014):

- Está compuesto mayoritariamente por microempresas (de 0 a 5 trabajadores máximo), con un área de producción y cadena de suministros muy localizada geográficamente, lo que las hace muy dependientes de las condiciones directas de su entorno próximo para crecer o subsistir (especialmente en épocas de crisis).
- Su política empresarial es cortoplacista, basada en proyectos, con baja especialización, sin apenas políticas de inversión en I+D+i, gestión del conocimiento o mejora de los procesos.
- El sector de la construcción es muy conservador en cuanto a la introducción de innovaciones en su procesos. La actividad constructiva está extraordinariamente regulada e intervenida administrativamente, lo que junto con su rígida estructura jerárquica y el reparto de responsabilidades y riesgos establecido por ley entre los distintos agentes, hace que la toma de decisiones se dilate en el tiempo o que incluso se desestimen soluciones innovadoras por sus posibles consecuencias legales posteriores. En este sentido, la dificultad de simular procesos de forma virtual y evaluar sus efectos convierten a este sector en altamente inmovilista.
- El ciclo de vida del proyecto se gestiona y acomete con procedimientos de trabajo mayoritariamente rudimentarios y artesanales, fuera de un proceso industrial de mejora continua. Si bien es cierto que la fase de diseño se desarrolla con herramientas digitales y que en la fase de ejecución es notable el avance tecnológico en los materiales de construcción, soluciones constructivas o recursos auxiliares para la ejecución de la obra, la gestión de todo el ciclo de vida y de la información que se genera a lo largo de él, en cada fase, es compartimentada. No es compartida con el resto de fases, o incluso dentro de la misma fase del ciclo y, cuando lo es, no resulta significativa porque no se transmite actualizada o en un formato adecuado.

Como se ha indicado, el hilo conductor del sector de la construcción es el proyecto, que abarca todo el ciclo de vida del producto resultante, desde su fase de iniciativa

y concepción hasta su demolición o actualización para un nuevo uso. Todos los agentes intervinientes en el proceso responden a la llamada de la iniciativa y organizan su producción en función de los proyectos que tengan contratados. Por ello decimos que la construcción es una industria orientada y basada en proyectos.

El proyecto toma forma en una serie de documentos que se generan a lo largo de su vida, respondiendo a las necesidades de cada fase. En estos documentos se van plasmando las definiciones, instrucciones, procesos, análisis, valoraciones, modificaciones, toma de decisiones, etc. En resumen, toda la información necesaria para su definición, materialización y conservación. La documentación que se genera a lo largo del proyecto tiene distintos objetivos, formatos, propietarios legales o intelectuales, destinatarios y repositorios donde se guarda. A pesar de la importancia que para esta industria tiene el proyecto y su plasmación en forma de documentación contenedora de la información necesaria para llevarlo a cabo, no existe una cultura de gestión y custodia de esta información de forma organizada y jerarquizada en función del agente que requiera acceso a la misma. Y menos de su compartición en formato abierto y editable, dadas las implicaciones legales que puede conllevar una modificación no autorizada ni registrada su autoría.

La gestión tradicional de la información de un proyecto de construcción a lo largo de su vida es el siguiente:

- Como todo proyecto, el de construcción es único, singular, irrepetible y heterogéneo, definido por la dificultad de encontrar productos finales similares. Y también cuenta con las tres constricciones de cualquier proyecto: objeto, coste y plazo de ejecución.
- En la fase inicial de definición del objeto constructivo se buscará aunar el programa de necesidades del promotor y su viabilidad con el diseño y la reglamentación en vigor, finalizando el proceso en la generación de la documentación administrativa necesaria para obtener los permisos legales preceptivos. La creciente complejidad y especialización que hoy en día exige la normativa a los proyectos de construcción obliga a que el mismo no pueda ser desarrollado por un solo técnico generalista. Exige de la concurrencia de varios profesionales expertos en cada una de las disciplinas que abarca. Ello nos lleva a la necesidad de trabajar en equipos multidisciplinares, con constante intercambio de información entre ellos para que la documentación resultante sea coherente entre sí, con la normativa y con el programa de necesidades. Sin embargo, cada especialista trabaja de forma estanca su área de especialización, sin

contrastarla con el resto. Además, si la información cambia o se actualiza durante el proceso en una de las áreas, no necesariamente se refleja en la documentación final del resto de participantes. La coherencia e integridad de la información del proyecto no está garantizada. Si esto no fuera suficiente, en plena era digital, el software y las herramientas informáticas con las que trabaja cada componente del equipo no son necesariamente compatibles entre sí ni se puede intercambiar la información, o se hace con pérdida de parte de la misma debido a las restricciones de los formatos de intercambio de datos. Por supuesto, existe una revisión final del documento de proyecto resultante por parte del responsable último del mismo, pero como se ha dicho, la necesaria especialización en cada disciplina y la compleja y extensa documentación que por normativa debe contener un proyecto de construcción hace que le sea muy complicado testear y detectar las incongruencias e incoherencias que pueda haber entre las distintas partes que lo componen. A esto habría que añadir la presión del cumplimiento del plazo de entrega al promotor.

- En la fase de licitación del proyecto entra en juego un nuevo agente que hasta ahora no ha intervenido: la empresa constructora con sus proveedores, subcontratas e industriales necesarios para valorar técnica y económicamente la materialización del producto. Y de nuevo vuelve a compartimentarse la información del documento proyecto en las partes que corresponden a cada oficio y especialidad interviniente para que la estudien y valoren. El proceso de comprensión y conocimiento global del proyecto por parte de cada partícipe de la industria en esta fase es muy bajo. Se limita a estudiar de forma restringida su ámbito de actuación sin contemplar las inferencias y solapes con otros oficios o trabajos. Además, la documentación que se le entrega a cada empresa, en soporte papel o digital, no es editable. En el caso de planos son representaciones diédricas, distribuidas en varios planos con distintas vistas e información contenida en ellas y no necesariamente coherente entre sí o con el resto de la información del documento de proyecto facilitado.
- Una vez se produce la adjudicación de la obra, se inicia la fase de preconstrucción y construcción. En ella, la empresa constructora se convierte en la guarda y custodia de la información previa y la que se genere a lo largo de todo proceso. Bajo la supervisión del equipo técnico de proyecto⁷⁷ se procede a la ejecución y materialización del proyecto. Es

⁷⁷ El equipo técnico de proyecto en nuestro país se conoce como Dirección Técnica Facultativa de la Obra.

en esta fase cuando se empieza realmente a madurar y comprender el proyecto por parte de la empresa adjudicataria y su cadena de suministro. es ahora cuando empiezan a surgir las incompatibilidades con los procedimientos de trabajo, con actividades programadas simultáneamente, plazos de suministro, etc., al mismo tiempo que empiezan a aflorar las incoherencias o falta de información que pudiera contener la documentación de proyecto. Fruto de todo ello, el proyecto sufre modificaciones a lo largo de todo el proceso, lo que conlleva irremediablemente a un alargamiento en el plazo de ejecución previsto y una desviación presupuestaria provocada tanto por las modificaciones como por la corrección de la falta de integridad de la información de la documentación contenida en el proyecto.

- Finalizada la fase de ejecución, se produce la entrega de la construcción al promotor y/o a sus usuarios finales. En ese momento es preceptiva la entrega de la documentación final del proyecto, que incluya todas las modificaciones que se han realizado durante la construcción. En el caso de edificación residencial también se debe entregar el Libro del Edificio con la planificación del mantenimiento del mismo. No es habitual que los profesionales que se encargarán a partir de ese momento del mantenimiento hayan participado en la fase de ejecución. No existe una transmisión de información significativa sobre los cambios que haya podido sufrir el proyecto. Es necesario un nuevo proceso de aprendizaje de la construcción resultante y de interpretación de la información que se entrega. Por cierto, información nuevamente en formato no editable, en soporte papel o digital, no necesariamente coherente ni útil para los trabajos durante la vida útil del objeto.
- Dependiendo del tipo de construcción, la fase de explotación y mantenimiento de la misma no se acostumbra a documentar como continuación del proyecto de ejecución o de final de obra. No existe continuidad en la transmisión y registro de la información que se vaya generando. Si durante la vida útil del edificio se cambian los responsables de su mantenimiento, con toda seguridad será necesaria una nueva toma de datos y elaboración de la documentación de la construcción para continuar con su mantenimiento. Y esta situación se repetirá hasta la fase de desmantelamiento o intervención para cambio de uso.

Parece obvio que este proceso rudimentario de gestión de la información de un proyecto de construcción, elemento fundamental de toda la actividad económica

del sector, no tiene equivalente en el resto de sectores industriales. Pero es que tampoco lo tiene el producto resultante. Las características que diferencian al producto de la construcción de cualquier otro producto industrial son (Pellicer 2003, Alshubbak 2010, Fuentes Giner 2014):

- La singularidad de cada producto construido, característica que dificulta su fabricación en serie: aunque se implementen procesos constructivos susceptibles de sistematización, el ensamblaje final en el sitio siempre diferencia el procedimiento y el resultado con respecto a otros, ya que la diferente normativa, orografía, condiciones climatológicas, recursos disponibles, etc. suponen la existencia de una amplia gama de productos finales.
- La inmovilidad, lo que supone una selección cuidadosa de la localización a priori de la construcción.
- Esa misma inmovilidad nos lleva a la siguiente característica del producto final: su dispersión y fraccionamiento, dado que los productos se van a utilizar o consumir en el lugar donde se crean por su propia naturaleza de inmuebles. Este hecho imposibilita la concentración de la actividad fabril, que se desplaza al lugar donde la producción será ofertada y sus servicios consumidos.
- El elevado tiempo de producción/maduración del producto resultante, que conlleva un alto grado de incertidumbre por los cambios que podrían suceder durante dicho período y que pueden afectar al proceso en sí mismo, al producto resultante o a su comercialización final.
- La existencia de múltiples procesos alternativos a los procesos constructivos inicialmente previstos, lo que implica la posibilidad de un sinnúmero de funciones de producción para cada bien terminado del sector. La existencia de diversas posibilidades en cuanto a la combinación de factores de producción (factor económico, factor conocimiento y factor industria) complica el análisis de oferta de acuerdo con las teorías económicas convencionales.
- Elevada durabilidad y vida útil del producto, característica que implica una serie de actividades de conservación y mantenimiento en el conjunto de la producción total, así como una importante atención a la gestión de todo el ciclo de vida de cada producto único.
- El producto es susceptible de ser definido por el usuario, o bien personalizarlo una vez definido por el equipo de diseño. Además, la definición o modificación del programa de necesidades del usuario se

puede producir en cualquier momento del ciclo de vida del producto. Esta cualidad agrega complejidad y singularidad a cada producto, que en el caso de la edificación residencial llega a grados de particularización extremos.

- La búsqueda de la estética, la integración y el respeto por el entorno y el medio ambiente.

Todas estas particularidades del proceso constructivo y del funcionamiento tradicional del sector hacen que la construcción, a pesar de ser motor económico y de empleo en todas las economías representando el 9% del PIB mundial y el 7% del total de la población activa mundial (Horta 2013), se sitúe como la industria con menor índice de productividad y competitividad de todos los sectores si exceptuamos la industria agrícola y ganadera. (Teicholz 2004)

En el ámbito de la edificación residencial, resulta difícil de comprender que tratándose de la industria que fabrica el producto de primera necesidad más caro del mundo y que constituye la mayor inversión que una persona realiza a lo largo de toda su vida, se preste tan poca atención a la mejora continua de su gestión, a intentar corregir las desviaciones de objeto, coste y plazo que se suceden permanentemente en cada proyecto de construcción.

La justificación al porqué el sector apenas innova en la búsqueda de soluciones a las carencias en la gestión de todo el proceso y sus consecuencias parece encontrarse en que los activos de inversión en la construcción (el suelo y el objeto de la construcción ya terminado) fluctúan en su valor por tendencias alcistas o depreciativas del mercado independientemente del proceso intermedio que lleva desde el primero al segundo activo (Sabatini 1990). El precio del suelo y el del producto de construcción terminado son independientes del coste de fabricación. En el caso concreto de la edificación residencial, se ha demostrado que el precio alcista de la vivienda terminada se repercute inmediatamente en el precio del suelo donde se puede construir dicha vivienda, sin intervención ni consideración del coste de construcción (García_Montalvo 1999). El hecho de que exista demanda de viviendas en una zona hace que se incremente su precio en el mercado. Y, consecuentemente, el precio del suelo donde se pueden construir estas viviendas también sube. Esta situación convierte a suelo y viviendas en activos de inversión muy interesantes para las empresas. Tan interesante que a las empresas promotoras, hasta la crisis de 2008, les dejó de interesar la *eficiencia de la producción* como principal fuente de incremento de beneficios, puesto que con la tradicional carrera alcista de los precios de suelo y viviendas construidas

(independientemente del coste de producción que tuviesen) tenían beneficios asegurados en cualquier caso (Winch 2003b).

Pero, como se ha dicho, esta concepción tradicional del sector cambió a partir de 2007-08. El estallido de la burbuja inmobiliaria en muchos países y la posterior crisis financiera que desencadenó hizo que la crisis del sector de la construcción no fuese solo coyuntural (como otras tantas anteriores ocurridas) sino que se convirtió en estructural, cuestionando todo su modelo productivo, empresarial y organizativo.

La necesidad de reconvertir y poner en valor un sector hasta ese momento especialmente especulativo y con un alto grado de intrusismo hizo que se alzasen voces desde todos los ámbitos de la sociedad reclamando un *repensar* el modelo.

La crisis internacional hizo que los compromisos de déficit de los países afectados redujesen drásticamente su inversión en obra pública y su mantenimiento. Los usuarios finales que habían invertido en la adquisición de sus viviendas o inmuebles de negocio se encontraron con grandes dificultades para hacer frente a los préstamos hipotecarios. Las entidades financieras dejaron de conceder nuevos préstamos hipotecarios ante la situación de desconfianza en el mercado de inversiones a causa de los activos tóxicos circulantes calificados como productos de alta rentabilidad garantizada y en los que muchas de ellas habían invertido. La oferta de viviendas superó a la demanda y, por primera vez en mucho tiempo, su precio se depreció hasta niveles muy anteriores a los de inicios del siglo XXI. Por tanto, aquellos que tenían viviendas que no podían pagar se encontraron con que su precio de adquisición era muy superior al de venta tras la crisis. Y con ello, el suelo comprado en la etapa alcista para la construcción de nuevas viviendas, ante la caída de demanda y depreciación de estas, cayó también en picado, por lo que el valor en activos inmobiliarios de las empresas del sector se devaluó en tal medida que muchas protagonizaron las mayores quiebras de empresas que cotizan en bolsas de valores internacionales.

Tras la casi desaparición de la actividad en el sector, durante los siguientes años surgieron distintas iniciativas entre empresas, profesionales e investigadores especializados en la construcción en busca de nuevos modelos del negocio, mejorar los procesos y en una mayor sostenibilidad y control sobre las desviaciones de costes, plazos y alcance de los proyectos.

5.2. La necesidad de que naciera BIM

BIM es el proceso de creación y gestión de la información de un producto de la construcción, por lo general en un modelo informático tridimensional que incorpora datos relativos a todo su ciclo de vida. Si se emplea en toda su extensión, es una herramienta que se utiliza como parte del proceso de diseño, a lo largo de la construcción y para el mantenimiento y modificación del proyecto terminado.

En esa búsqueda de nuevos modelos de gestión que hemos mencionado anteriormente, muchos fueron los que miraron a la industria manufacturera buscando ejemplos que fuesen trasladables y aplicables a la construcción. No fue una tarea fácil habida cuenta de las particularidades ya descritas de esta industria y que la diferencian considerablemente del resto.

Sin embargo, el intento por mejorar la gestión de todo el proceso constructivo, de sistematizar su producción, de mantener un registro activo de los procedimientos para poder evaluarlos y mejorarlos, de garantizar la trazabilidad de la información y la existencia de un repositorio común donde organizarla y tenerla disponible y actualizada, etc. hacía que los referentes se encontrasen directamente en la industria manufacturera, que ya había pasado por todo ese mismo proceso de reconversión y reinención. En definitiva, la pretensión de todas las innovaciones propuestas para la mejora del proceso productivo es buscar que la construcción se parezca cada vez más a una industria de verdad y menos a una actividad artesanal. La construcción se percibe en la sociedad como una industria subdesarrollada y las propuestas de innovación pretenden ponerla en valor mediante un viraje hacia la construcción industrializada y sistematizada, igual que cualquier manufactura, donde el producto resultante ha sido previamente testeado, sometido a pruebas, al desarrollo de distintos prototipos mejorados y al análisis de la cadena de producción más eficaz, que aporte el mayor rendimiento de los procesos reduciendo al mínimo el grado de incertidumbre sobre los costes y plazos de fabricación. Y todo ello previamente a su definitiva producción (Winch 2003b).

En el análisis de los métodos que la industria manufacturera había implantado para la mejora de su productividad y competitividad se encontraba el sistema Product Data Management⁷⁸, mediante el cual toda la información relativa al producto que

⁷⁸ Product Data Management, en adelante PDM.

se vaya generando durante su ciclo de vida quedaba registrada, organizada, actualizada y disponible en tiempo real para su consulta.

Además, la convivencia de diversos sistemas para la gestión de esta información en distintas áreas de la organización manufacturera (concepto, diseño, prototipado, simulación, cadena de suministros y montaje, fabricación, venta, servicio postventa, atención al cliente, mantenimiento y retirada del producto) obligaba a la compartición de la información entre todos ellos por lo que era necesaria la elaboración de protocolos y estándares para que los distintos sistemas pudiesen consultar, añadir y registrar nueva información generada durante el ciclo de vida.

En la era digital y de la información, esta posibilidad venía dada por las tecnologías de la información y la comunicación y la ingeniería informática. La posibilidad de crear bases de datos independientes del software que las generase, capaces de funcionar, recibir registros y devolver consultas desde cualquier programa capaz de entenderse con ellas siempre que utilizase el mismo lenguaje de programación y la estandarización del registro de la información común a toda la organización.

El equivalente a PDM en el ámbito de la construcción es la tecnología BIM. Un repositorio de bases de datos interrelacionadas capaces de recibir y suministrar información de forma bidireccional hacia/desde cualquier programa de software que trabaje con los mismos estándares de relación.

La primera idea de este repositorio común para el producto de la construcción fue esbozada por Charles M. Eastman, del Georgia Tech Institute of Technology, durante la década de los 70-80 del siglo pasado, postulando en su producción científica el concepto de *modelo de información de la construcción* sobre el que se construye, crece y se alimenta el proyecto de construcción y la industria que trabaja en torno a él.

Con la popularización de la tecnología informática aplicada a partir de los 90, la empresa húngara Graphisoft® creó un entorno cerrado de CAD (ArchiCAD™) bajo la idea de Virtual Building (edificio virtual) en el que los elementos dibujados contenían además información relativa a los mismos.

Sin embargo, el modelo de Eastman era teórico, sin tecnología que lo soportase e hiciese posible y el entorno de ArchiCAD era cerrado, no interoperable ni compartido con otras aplicaciones ajenas a la marca fabricante.

Mientras tanto, en 1997, el ingeniero de software norteamericano Leonid Raiz, que trabajaba como desarrollador del software paramétrico para objetos mecánicos

Pro-Engineer™, empezó a trabajar con la posibilidad de crear un programa paramétrico para arquitectura, tal y como existía para la ingeniería mecánica. Raiz fundó la empresa Charles River Software en octubre de 1997. En febrero de 1998 se unió a él Irwin Jungreiz, también desarrollador de Pro-Engineer. Consiguieron fondos de inversión para desarrollar su idea de un software paramétrico para arquitectura y en abril de 2000 lanzaron la versión 1.0 de Revit⁷⁹. Tras la publicación de la primera versión de Revit, la compañía pasó a llamarse Revit Technology Corporation. El 4 de abril de 2002 la multinacional del software AEC Autodesk compró Revit por 130 millones de dólares, pasando sus fundadores y resto de trabajadores a formar parte de esta corporación.

Paralelamente, la tecnología BIM empieza a tomar forma real a partir de 1994, cuando Autodesk constituyó un consorcio de industrias que la asesorasen en el desarrollo de una parte del lenguaje de programación C++ que permitiese soportar el desarrollo integrado de aplicaciones con funciones diferentes pero que interactuasen entre ellas. La primera de las ideas consistió en crear un lenguaje común que utilizasen todas las aplicaciones y que fuese útil para resolver los distintos cálculos matemáticos, simulaciones, etc. que se necesitan para la correcta definición del producto de la construcción. Además, dicho lenguaje debía ser capaz de contener toda la información significativa del producto de la construcción y de cada uno de los elementos que lo componen, así como permitir la agregación de más datos e información a medida que fuera necesario. Acababa de nacer la *Industry Alliance for Interoperability*⁸⁰ y, con ella, uno de los mayores saltos para la innovación de la construcción: toda la tecnología que se use durante el ciclo de vida del producto hablará el mismo lenguaje y todas las áreas del proceso podrán intercambiar y compartir información.

En 1995 se abrió la incorporación de nuevas industrias interesadas en participar en el consorcio. En 1997 se constituyó en una organización sin ánimo de lucro con el objetivo fundamental de publicar en formato abierto, para todo aquel interesado, las *Industry Foundation Class*, como un producto neutral, ajeno a intereses corporativos y comerciales, que pudiera ser utilizado por cualquier desarrollador para compartir e intercambiar información entre aplicaciones informáticas que participen durante el ciclo de vida del producto de la construcción.

79 Revit, de Revise it o Revise Instantly: revíselo, cámbielo o actualízelo, haciendo referencia a que todas las vistas de un edificio se actualizan con cualquier cambio que se realice en el modelo.

80 Industry Alliance for Interoperability, en adelante IAI. El nombre de la corporación realmente fue definido en 1997, en una de sus reuniones generales.

En el año 2002, Autodesk empieza a utilizar el concepto Building Information Modeling BIM para el lanzamiento del software Revit que compró a la compañía texana Revit Technology Corporation. Desde entonces este es el término que se ha popularizado para referirse al diseño paramétrico de edificios en 3D.

En el año 2005, en su reunión anual celebrada en Noruega, la IAI decidió cambiar su nombre por el que hoy en día es conocido: BuildingSMART Alliance⁸¹. Actualmente se organiza por capítulos donde se agrupan los países que comparten un mismo idioma y está implantada en todo el mundo.

Cualquier profesional, empresa u organización relacionada con el sector de la construcción puede ser miembro de la BuildingSMART. El BuildingSMART Spanish Chapter⁸² fue fundado en 2010. En el momento de la redacción de este documento de tesis, las únicas instituciones docentes públicas españolas que se han integrado en la BuildingSMART son la Universidad Internacional de Catalunya desde mayo de 2015, la Universidad de La Laguna y la Universidad Europea de Madrid desde junio de 2015, y la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de la Universidade da Coruña, que lo hizo en julio del mismo año.

El principal objetivo de la fundación es fomentar la eficacia del sector de la construcción a través del uso de estándares abiertos de interoperabilidad sobre BIM y de modelos de negocio orientados a la colaboración para alcanzar nuevos niveles en reducción de costes y plazos de ejecución.

Para alcanzar este objetivo principal, se basan en los siguientes objetivos operativos (buildingSMART España 2013):

- Desarrollar y mantener estándares BIM internacionales, abiertos y neutros (Open BIM a través de Open Standards)
- Acelerar la interoperabilidad en el sector a través de casos de éxito.
- Proporcionar especificaciones, documentación y guías de referencia.
- Identificar y resolver los problemas que impiden el intercambio de información.
- Extender el uso de esta tecnología y los procesos asociados a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio, englobando a todos los agentes participantes.

⁸¹ <http://www.buildingsmart.org> (último acceso: 2015/09/15)

⁸² <http://www.buildingsmart.es> (último acceso: 2015/09/15)

5.3. Open BIM a través de Open Standards

La creación de un nuevo lenguaje digital que permita el intercambio de información estructurada, abierta y accesible a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción, con el fin de mejorar todas sus fases, exige del establecimiento de todas las normas y reglas que un nuevo idioma requiere para ser hablado, entendido y usado:

- Un abecedario, como elemento básico, que establezca los fundamentos sobre los que se construirá el idioma. En nuestra analogía este abecedario sería el estándar *Industry Foundation Class*⁸³, es decir, el conjunto de datos y de información que ha de ser transportada y compartida entre aplicaciones informáticas y agentes intervinientes, adecuadamente normalizada. En el momento de la redacción de esta tesis la norma ISO 16739 regula esta normalización.
- Un diccionario que establezca la correcta gramática y significado de los datos e información a intercambiar, para que se compartan y utilicen de forma unívoca, conectando las bases de datos con los términos y definiciones de los elementos constructivos integrantes de un proyecto. Dicho diccionario lo constituye el estándar *Industry Framework for Dictionaries* (IFD), cuya normalización internacional la establece la norma ISO 12006-3.
- Un conjunto de reglas gramaticales que establezcan el desarrollo del lenguaje, su correcta estructura, para que pueda ser hablado y entendido por todos los participantes, así como crecer y enriquecerse de nuevos términos y construcciones. A nuestros efectos, las reglas gramaticales básicas para el intercambio de información BIM están normalizadas en las ISO 29841 partes 1 y 2.
- Un emisor y un receptor que intercambien información en el mismo idioma de forma coordinada y estructurada. La norma *BIM Collaboration Format* (BCF) establece las reglas del diálogo para que sea colaborativo, compartido y coordinado entre todos los agentes. Actualmente se encuentra en fase de análisis para su aprobación como estándar de la

⁸³ Industry Foundation Class, en adelante IFC.

BuildingSMART y, por tanto, aún le queda bastante recorrido para ser elevada a norma ISO.

La construcción de todo este nuevo lenguaje gira en torno a un único concepto, el de *modelo*, como centro de todo su desarrollo:

- Definición de *modelo*: llamaremos modelo a la representación digital de las características físicas y funcionales del objeto del proyecto, pudiéndose referir tanto a un elemento o componente del modelo (cualquier elemento contenido en el modelo), al modelo en sí mismo (el objeto del proyecto) o a múltiples modelos usados por agregación. (AIA 2013)

La taxonomía de este nuevo lenguaje (aún en desarrollo y crecimiento constante) nos permite establecer las características que el conjunto de datos intercambiados contendrá:

- La geometría del modelo
- La relación existente entre elementos o partes del modelo y su posición en el proyecto.
- Las propiedades inherentes al modelo. Desde los tipos de materiales que lo componen, pasando por un comportamiento específico que tenga, propiedades en función del entorno (por ejemplo a la acción del viento, sismo, etc.), propiedades mecánicas, etc.
- La posibilidad de adicionar metadatos a lo largo del ciclo de vida del objeto de la construcción. El registro de los cambios realizados, su validación y aprobación, controles, etc.
- La definición de restricciones que pueden acompañar a un modelo y los objetivos planteados para su gestión.

Y ese conjunto de datos que contiene el modelo se convierte en información cuando se organiza, estructura y estandariza, permitiendo la consulta de la base de datos del modelo para agregar o reportar más información. La naturaleza de los datos descritos que acompañarán al elemento o modelo para su completa definición podrán presentarse en los siguientes formatos (Kymmell 2008):

- Información de los componentes: Es la información visual primaria del modelo y es parte de su naturaleza. En un modelo 3D, además de su geometría y dimensiones, estarán su localización espacial, área, volumen, etc. Además, contendrá la información de un elemento con otros elementos del modelo (por ejemplo un pilar ha de ir de la viga inferior a la

viga superior, un grifo ha de ir conectado a una tubería de suministro de agua, etc.). La información de los componentes es la información básica que ha de contener cualquier elemento o modelo que queramos introducir como información del proyecto de construcción.

- Información paramétrica: Es la información editable contenida en el modelo mediante parámetros definidos y que pueden ser seleccionados para su utilización de forma individual o grupal de entre todos los disponibles. Es información intrínseca al elemento o modelo, que lo define (el material que compone un muro: hormigón, ladrillo, bloque...), establece la calidad de dichos materiales (HA-25, ladrillo caravista, bloque prefabricado de hormigón...) y puede ser tanto información visual como de características definitorias del elemento (densidad, resistencia mecánica...)
- Información enlazada: En la información que no es parte del modelo pero está directamente conectada a él a través de enlaces visibles o no visibles. Por ejemplo, un enlace visible sería la etiqueta asociada al modelo y que al pincharla abre una nueva ventana con información del proyecto (promotor, emplazamiento...); otro tipo de enlace visible sería aquel que conecta con una base de precios de manera que cuando se abre la ficha con los datos de un elemento, muestra el coste unitario asociado al mismo. La información enlazada es bidireccional. Si se cambia uno de los puntos de información, el enlazado también se actualiza y viceversa.
- Información externa: Es la información que no va directamente asociada o conectada con el modelo y que puede permanecer sin conectar o, si así se decide, enlazarla. Por ejemplo, asociar un fichero pdf que contiene el albarán de entrega de hormigón de planta con los pilares donde dicho hormigón se puso en obra, de manera que la trazabilidad de la información queda garantizada.

5.4. Building Information Model vs. Building Information Modeling vs. Building Information Management

La creación de un nuevo lenguaje digital específico para el sector de la construcción y de ámbito mundial, que aún se encuentra en una fase incipiente de desarrollo pero que ya permite vislumbrar la revolución que va a suponer para esta industria y el salto cualitativo que provocará en su modelo de negocio y funcionamiento, ha

traído consigo la aglutinación, en torno a una filosofía común, de todas las corrientes de pensamiento que proponían un cambio drástico y una reconversión del sector.

El acrónimo BIM permite al mismo tiempo hablar del modelo que es capaz de contener información del edificio o construcción (Building Information Model), del modo en que se produce el intercambio y compartición de dicha información, la agregación de más datos y la gestión que de la información se hace (Building Information Modeling) y del entorno colaborativo que posibilita, con nuevos flujos de trabajo, nuevos roles y nuevas formas de desarrollar y gestionar el proyecto de construcción, generando un sistema de información en sí mismo (Building Information Management).

La tecnología BIM ha posibilitado la construcción de nuevos flujos de trabajo e información en el desarrollo de un proyecto, en un entorno colaborativo, que convierte el ciclo de vida de un proyecto de construcción en un sistema de información global, con su propia metodología de trabajo, protocolos, roles y procesos. Y esta nueva forma de trabajo surge del cuestionamiento del modelo tradicional del sector, disiente de él y crea un nuevo paradigma para su desarrollo y avance.

Por tanto, cuando nos referimos a BIM podemos estar hablando indistintamente de la tecnología que permite la incorporación de información significativa y coherente a un proyecto de construcción, de los procesos de intercambio, compartición y agregación de información con garantía del mantenimiento de la integridad de la misma a lo largo del ciclo de vida del proyecto o también a la metodología de trabajo que habilita, de carácter verdaderamente multidisciplinar, en un entorno colaborativo, abierto y universal.

5.5. Características del entorno BIM

El modelado de información de una construcción simula el proceso proyecto-construcción⁸⁴ en un entorno virtual 3D. Esta simulación tiene como base un ordenador y como motor un paquete de software capaz de interpretar la base de datos que contiene la información del modelo virtual del objeto de la construcción.

⁸⁴ Proceso proyecto-construcción, en adelante PPC.

Disponer de un modelo virtual del objeto de la construcción en un entorno BIM implica que es posible ensayar el proceso constructivo, experimentar su comportamiento frente a cualquier tipo de acción externa o interna, optimizar su diseño o rendimiento ante escenarios en los que se incorporan distintas hipótesis situacionales, etc. Es decir, nos acerca al funcionamiento de la industria manufacturera en la que el prototipo es testado, tanto su propia naturaleza como los procesos que tendrán lugar para su fabricación, hasta encontrar la solución óptima que retorne el máximo rendimiento. Por primera vez, la industria de la construcción dispone de los medios para dar su salto cualitativo hacia una industria que genere valor y conocimiento, abandone su componente artesanal y se introduzca en el siglo XXI y en la era digital y de las tecnologías de la información y la comunicación, tanto en la fase de diseño como en la de construcción y explotación.

Las características de BIM que hacen posible la adición, gestión y compartición de la información del objeto de la construcción y la simulación de tantos procesos, escenarios e hipótesis como se requiera, son (Fuentes Giner 2014):

- Toda la información está guardada en un repositorio común (bases de datos interrelacionadas) que conforman el modelo tridimensional y que, cuando se comparte, contiene implícita toda la información del mismo.
- La información es bidireccional. Es decir, cuando se comparte y genera nueva información o modifica la existente, esta se actualiza en tiempo real y se mantiene íntegra y coherente en el modelo.
- La información es multidisciplinar, en tanto en cuanto es bidireccional y se puede usar y compartir para cubrir todos los aspectos de diseño, tecnología, economía, programación, ejecución y mantenimiento del objeto del proyecto.
- La información es parametrizada, por tanto editable y agregable, como fundamento de la bidireccionalidad:
 - Cada objeto tiene entidad como elemento constructivo del proyecto y se comporta como tal.
 - Cada objeto tiene agregadas sus relaciones con respecto a otros elementos constructivos del proyecto.
 - Cada objeto tiene la información de su situación en el proyecto.
 - El modelo virtual que obtenemos en el ordenador es lo que vamos a obtener en la realidad cuando se ejecute. BIM implica la visualización del objeto del proyecto y los procesos de construcción

y mantenimiento frente a la representación esquemática que se obtiene de la idea de edificio con cualquier otro sistema de representación.

5.6. Niveles de información del modelo BIM

El modelo es una representación virtual de la realidad. El carácter y nivel de detalle requerido para compartir su información dependerá del propósito del proyecto, del estadio en el que se encuentre este y del nivel de entendimiento de quien está visionándolo (Kymmell 2008 con modificaciones de la autora).

Dependiendo del fin para el que se comparte la información del modelo, requerirá de mayor o menor contenido de información. Es más, en las sucesivas etapas de un proyecto de construcción será necesaria la agregación de mayor información al modelo.

Vico® Software fue la primera empresa en introducir el concepto de Nivel de Detalle de un modelo⁸⁵, que necesitó definir para su software de mediciones y presupuestos utilizando BIM.

El *nivel de detalle* es la cantidad de información que se proporciona con el modelo virtual. Es solo una medida de cantidad, no de calidad, puesto que BIM lleva implícito que toda la información contenida en el modelo es relevante para el proyecto y puede confiarse en su precisión y coherencia.

El American Institute of Architects⁸⁶ buscaba una forma de equivaler los distintos documentos del proyecto que son necesarios para garantizar su viabilidad, diseño, constructibilidad y explotación, a la información que debería contener el modelo BIM que generase dichos documentos. Decidió que el sistema establecido por Vico podría ser una opción no solo para medir la cantidad de información que un modelo ha de contener, sino también la calidad de la misma. Cambió la terminología por la de *Nivel de Desarrollo*⁸⁷. Es un cambio sustancial, puesto que se decide valorar para qué sirve la información contenida en el modelo en vez de la cantidad de información. Es decir, debe haber cantidad y calidad de información suficiente en

⁸⁵ Nivel de Detalle de un proyecto, en adelante LoD, del inglés Level of Detail.

⁸⁶ American Institute of Architects, en adelante AIA.

⁸⁷ Nivel de Desarrollo de un proyecto, en adelante LOD del inglés Level of Development.

cada nivel del modelo como para satisfacer el trabajo que se va a desarrollar. (AIA 2013)

En función de estos parámetros, se han consensuado los siguientes niveles de información básica que ha de contener un modelo (AIA 2013, Cerdán 2013, Fuentes Giner 2014):

- LOD 100: Es un diseño meramente conceptual. El modelo aportará una visión general de su geometría, altura, área, volumen, localización y orientación. El AIA autoriza su uso para consideraciones del rendimiento general del edificio a efectos de edificabilidad, volumetría y cumplimiento de normas urbanísticas, así como un estudio de viabilidad mediante el cálculo de costes basados en superficie total o técnicas similares de aproximación y una programación estimada del tiempo de ejecución global.
- LOD 200: Aporta una visión general con magnitudes. Los elementos del modelo son sistemas o montajes genéricos, con cantidades aproximadas de tamaño, forma, localización y orientación. También se puede adicionar información no geométrica. La utilización de la información será igual que en el nivel 100 salvo que en la programación temporal y aproximación de costes se puede realizar una división en los capítulos más importantes que compondrán el objeto del proyecto.
- LOD 300: Aporta información y geometría precisa, pendiente de algún detalle constructivo no completo. En este nivel, el modelo general se nutre de distintos modelos BIM correspondientes a las distintas disciplinas que forman parte del objeto del proyecto: arquitectura, estructura, instalaciones, etc. Este nivel de información permite generar los documentos convencionales que componen un proyecto, su justificación técnica y normativa, el presupuesto estimado de ejecución y la programación inicial por unidades de obra.
- LOD 400: Contiene el detalle necesario para la fabricación o construcción del objeto del proyecto, con el estado de mediciones de unidades de obra y materiales exacto. Además de la información incluida en los anteriores niveles de desarrollo, en este nivel debe aparecer explícitamente toda la información necesaria sobre la fabricación, montaje, ensamblaje y detalles necesarios para la construcción del objeto del proyecto dividido en las distintas disciplinas que intervienen: arquitectura, estructura, instalaciones. La información que contiene cada uno de los elementos del modelo se consideran representaciones virtuales de la realidad que va a ser

construida. El presupuesto y la programación temporal de la obra han reducido el grado de incertidumbre al máximo dada la exactitud y calidad de la información contenida.

- LOD 500: El último nivel de desarrollo representa el proyecto *as-built*, ya construido, tal y como finalmente ha sido construido. Son las condiciones conforme a obra, no al proyecto. El modelo es adecuado para el mantenimiento y explotación del edificio o construcción. Es el nivel del modelo que se facilitará al responsable de su mantenimiento para la fase de explotación del inmueble.

Como cabía esperar, el nivel y grado de información del modelo crece a medida que el proyecto avanza por su ciclo de vida.

Este marco de referencia de la AIA tomó forma definitiva en el 2013, con la publicación de su GS202-2013 Building Information Modeling Protocol Form, en el que se fija que es el promotor quien debe establecer el nivel de desarrollo del proyecto en cada hito o entregable y para la compartición de la información con el resto de agentes intervinientes en la obra.

Aunque esta clasificación del nivel de desarrollo e información que ha de contener un proyecto en cada fase está ampliamente asumido a nivel internacional, Gran Bretaña, en el momento de la elaboración de sus propios estándares para la adopción de BIM, modificó los mismos. Más bien los dejó menos definidos y más abiertos, ya que se buscaba su aplicabilidad no solo a edificación como el AIA, sino para todo tipo de construcción.

Para ello, en su norma PAS 1192-2 (Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modeling), define dos componentes para cada nivel de definición o desarrollo:

- Nivel(es) de Detalle del Modelo (LOD): Relativo a la información gráfica del modelo.
- Nivel(es) de Información del Modelo (LOI): Relativo a la información no gráfica del modelo.

Y entiende que ambas son complementarias y proporcionales puesto que un alto nivel de detalle del modelo conllevará necesariamente un alto grado de información no gráfica y viceversa.

La PAS 1192-2 aún no ha estandarizado el nivel de información gráfica y no-gráfica que ha de contener cada fase de un proyecto de construcción para considerarse

suficiente en cantidad y calidad como para poder pasar a la siguiente fase y nivel. Pero sí que da una breve guía de cada una de ellas:

- Brief (Sumario, Resumen): Equivaldría a un primer estudio de aprovechamiento o viabilidad, donde si existe alguna información gráfica es probable que sea más proveniente de otros activos existentes de los que se toman datos que no del futuro a desarrollar. También puede contener el programa de necesidades del promotor como información no gráfica.
- Concept (Concepto): la información gráfica será en forma de modelados de masa y símbolos 2D que representen elementos genéricos.
- Definition (Definición): Los objetos y elementos del modelo están representados genéricamente, pero las especificaciones y parámetros que los acompañan pueden permitir la selección de los productos que mejor se adapten a ellos.
- Design (Diseño): Los elementos y objetos del modelo ya se representan en 3D con especificaciones adjuntas sobre la asignación de espacio para su funcionamiento, acceso, mantenimiento, instalación y reemplazo.
- Build and commission (Ejecución y prescripción): Los elementos genéricos ya son sustituidos por elementos de fabricantes que contendrán la información referenciada que este añada. Su valor ya será de prescripción para la construcción.
- Handover and close-out (Fin de la construcción y entrega): El modelo representa el objeto del proyecto tal y como se ha construido realmente y toda la información necesaria está incluida en la documentación de final de obra, incluso la de mantenimiento y operación durante la fase de explotación, los certificados finales de obra con sus informes de reparos (en caso de que existan) y el registro de las evaluaciones de las autoridades competentes para autorizar la entrega de la construcción y el inicio de su explotación.
- Operation and in-use (Explotación y uso): Se contrasta la información facilitada en el modelo de fin de construcción con la realidad existente y el modelo de diseño y, si son necesarios cambios, el modelo se actualiza para ser usado durante la vida útil del edificio o construcción, programando en él su mantenimiento.

Normalizar la cantidad y calidad de la información que contiene un modelo BIM en cada fase de un proyecto es fundamental para establecer hasta qué nivel debe desarrollarse el modelo en cada fase del trabajo contratado, así como para un

correcto entendimiento entre los distintos agentes del proceso constructivo o dentro del equipo multidisciplinar del diseño y dirección de la obra. Además, permite establecer la fiabilidad de la información que contiene el modelo (buildingSMART España 2014).

En España, en ausencia de una norma o estándar que fijase la equivalencia entre nuestros documentos de proyecto y el nivel de desarrollo del modelo BIM, se generalizó el uso de la clasificación del AIA. Cuando la iniciativa uBIM (que se explicará más adelante en este mismo capítulo) se fraguó en una serie de documentos de trabajo para la estandarización del uso de BIM en nuestro país (Guía de Usuarios BIM España), simplemente se recogió lo que se venía utilizando por los profesionales que ya habían adoptado BIM como metodología de trabajo y se estableció la equivalente con nuestros documentos legales de proyecto.

La estructura de generación y uso de modelos BIM en cada etapa del proyecto se establece exclusivamente desde la perspectiva BIM (buildingSMART España 2014):

- Necesidades y objetivos: Es la etapa inicial, donde se evalúan las necesidades y requisitos del promotor, propietario o usuario final. Esta etapa no necesariamente implica un modelo con información geométrica, aunque se recomienda ya la generación de uno con información a nivel espacial. Equivaldría al Brief británico y no llegaría al nivel LOD 100 americano.
- Estudio de alternativas: En esta etapa se investiga la solución básica más adecuada utilizando bocetos espaciales para diseños alternativos, con el fin de seleccionar el definitivo. Seguiría equivaliendo al Brief británico y seguiría siendo un nivel de desarrollo inferior al LOD 100 americano.
- Diseño inicial (Proyecto básico): Se desarrolla la solución básica de diseño que fue seleccionada en la anterior etapa. El nivel de información que deben contener los distintos modelos BIM que compondrán el proyecto (arquitectura, estructura, instalaciones, etc.) deberá ser el suficiente para que se pueda presentar como proyecto básico ante las autoridades competentes para solicitar los pertinentes permisos de construcción. La propia Guía establece su equivalente al LOD 200. En la categorización británica podría asimilarse al conjunto Concept + Definition.
- Diseño Detallado (Proyecto de Ejecución): Para los objetivos de esta tesis, este nivel se va a dividir a su vez en dos subniveles, aunque la Guía no lo contempla así:

- El primer nivel establece ya un grado máximo de fiabilidad y precisión en la información tanto gráfica como no-gráfica del modelo arquitectónico. Equivaldría a un LOD 300 o a la fase Design.
 - En el segundo subnivel, los modelos del resto de disciplinas (estructura, instalaciones, materiales, coordinación, etc.) se incorporan al modelo arquitectónico con su mismo grado de información y detalle. En Gran Bretaña sería un nivel inicial de la etapa Build and Commission. Respecto al estándar norteamericano, equivaldría a un LOD 400.
 - La suma de la información contenida en ambos subniveles permitiría obtener la documentación reglamentaria para un proyecto de ejecución.
-
- Licitación y Contratación: Se trata del modelo con toda la información gráfica y no-gráfica necesaria para que las empresas constructoras puedan valorar y licitar la ejecución del proyecto. Junto con los modelos 3D de las distintas disciplinas que integrarían el proyecto de ejecución, se puede entregar el modelo 4D con la planificación y programación temporal inicial de la ejecución. Una vez adjudicada la obra, la empresa constructora contratista principal elaborará el modelo BIM 4D y 5D⁸⁸ contractuales. Estaríamos en un nivel LOD 400 o en la fase completa de Build and commission.
 - Construcción: El uso de los modelos BIM en esta fase está relacionado fundamentalmente con la organización de los procesos de producción. Consiste en desarrollar los modelos LOD 400 actualizándolos en el día a día de la obra, hasta llegar al nivel 500. En el esquema británico consistiría en la evolución del nivel de información que contiene el modelo en la fase Build and commission hasta llegar al nivel Handover and close-out.
 - Puesta en funcionamiento: Los modelos BIM de las distintas disciplinas contendrán la información del objeto de la construcción tal y como realmente se han ejecutado, además del manual de mantenimiento, aunque este no acostumbre aún a solicitarse en un formato basado en BIM. Equivale al LOD 500 y a la fase final de Handover and close-out e inicio de Operation.

⁸⁸ BIM 4D es la programación y planificación, y BIM 5D la gestión presupuestaria. Ambos se verán en el siguiente punto.

NIVELES DE DESARROLLO DE PROYECTO			PROCESO BIM		MODELO TRADICIONAL
AIA (EEUU)	PAS 1192-2 (RU)	BSSCH (ESPAÑA)	DIMENSIONES BIM		MODELO TRADICIONAL
LOD 100	Brief	Necesidades y Objetivos	∫ Modelo		Anteproyecto
		Estudio de Alternativas			
LOD 200	Concept Definition	Diseño Inicial	3D BIM	6D BIM	Proyecto Básico
LOD 300	Design	Diseño Detallado (1)			
LOD 400	Build and Comission (1)	Diseño Detallado (2)	4D BIM		Proyecto de Ejecución
	Build and Comission (2)	Licitación y Contratación			
LOD 500	Handover and Close-out	Puesta en Funcionamiento	5D BIM	Libro del Edificio / Protocolo de Mantenimiento	
			7D BIM		
	Operation and In-use				

Figura 3. Relación LOD/D BIM/Modelo Tradicional. 2015. Interpretación propia de la correspondencia entre fases.

5.7. Las dimensiones de BIM

A lo largo del análisis realizado en este capítulo se ha definido el concepto de *modelo BIM*, pero también se han citado distintos conceptos BIM que representan su capacidad de integración de disciplinas y de habilitar el trabajo colaborativo.

Un modelo BIM de un proyecto de construcción estará formado por tantos modelos como disciplinas intervengan en el proyecto. En Edificación se considera que, como mínimo, deben existir tres modelos a partir de la fase de diseño (inicial y detallado): el arquitectónico, el estructural y el de instalaciones.

- El modelo arquitectónico contiene toda la información relativa a la geometría del edificio y la que se derive de ella, (mediciones), así como sobre los materiales y soluciones constructivas prescritas.

- El modelo estructural contiene la información relativa a la estructura del edificio, su diseño y geometría, materiales, elementos, análisis y cálculos, dimensionado y cantidad de materiales que lo conforman.
- El modelo de instalaciones contiene la información gráfica y no-gráfica relativa a las distintas instalaciones que conforman el edificio: electricidad, fontanería, saneamiento, confort térmico y acústico, etc. Puede existir un sub-modelo por cada una de las instalaciones que luego se integran en el modelo de instalaciones.

La integración de estos tres modelos contiene toda la información necesaria del edificio en función del nivel de desarrollo en el que nos encontremos. Y al conjunto que forman los tres lo denominamos genéricamente modelo BIM o 3D BIM.

Sin embargo, esta separación en las tres grandes disciplinas no es cerrada. En cada proyecto se puede acordar crear tantos modelos y sub-modelos como se consideren necesarios para la correcta definición del producto de la construcción en sus distintos aspectos y garantizar así la coherencia e integridad de la información ejecutiva.

La cualidad de BIM de presentar en 3D los elementos de un modelo y el propio modelo eclipsa, en ocasiones, el resto de las ventajas y bondades que tiene. Este nuevo lenguaje no se ha creado exclusivamente para trabajar en un entorno tridimensional que ayude a visualizar el propósito de la construcción a aquellas personas con baja capacidad para interpretar planos 2D e imaginar su forma y volumen virtualmente. Es una capacidad inherente a BIM, pero no su objetivo final.

Como se puede imaginar, la interoperabilidad y bidireccionalidad de la información entre los modelos 3D BIM de cada disciplina es fundamental y una gran ventaja que ofrece BIM frente al procedimiento tradicional de desarrollo de proyectos. Cuando los distintos especialistas de cada disciplina trabajan contra un servidor BIM donde se almacena la información del proyecto, las posibles modificaciones realizadas en cualquiera de las disciplinas, especialmente en la arquitectónica, que es la base del resto de modelos, es actualizada en tiempo real para el resto. De esta manera la coherencia de la información compartida y utilizada por el equipo queda garantizada.

La capacidad para agregar más información significativa al proyecto así como de integrar nuevas disciplinas necesarias para llevar a buen término el proyecto de construcción, reducir su grado de incertidumbre y simular procesos añadiendo un alto nivel de inteligencia y anticipación a los procedimientos de trabajo, se

denomina en el entorno BIM mediante la adición de una nueva dimensión a la 3D. Así tendremos nD dimensiones en función de cada una de las disciplinas/áreas/fases que incorporemos al modelo 3D. Las dimensiones de BIM son su esencia y principal virtud frente al modelo tradicional de gestionar el proceso proyecto-construcción-explotación (Lee, Wu et al. 2005) (Figura 3)

3D BIM

Ya hemos dicho que en el BIM 3D se integran los distintos modelos, sub-modelos y objetos/elementos que conforman la construcción. Y que como mínimo, en Edificación, tendremos el modelo arquitectónico (base del resto), el modelo estructural y el modelo de instalaciones. De forma genérica diremos que BIM 3D es un modelo orientado a objetos (muros, vigas, pilares, tuberías, luminarias...) que representará toda la información geométrica del proyecto de forma integrada. Es perfecto para visualizar el resultado final de la construcción.

Pero 3D BIM no queda ahí. Además permite obtener las mediciones del proyecto con exactitud para posteriormente preparar el presupuesto y la gestión económica de la obra. También nos permite testear los distintos modelos que lo componen y detectar las interferencias que producen entre disciplinas y corregirlas para garantizar la coherencia de la información. Por ejemplo una viga atravesada por un conducto o un pilar delante de una ventana.

En 3D BIM también se integran las nubes de puntos tomadas con equipos topográficos láser-escáner 3D del estado previo del solar o construcción sobre la que se va a intervenir y del entorno próximo. Incluso se podrían integrar los resultados de un geo-radar o del estudio geotécnico del subsuelo sobre el que se asentará la construcción.

Esta función abre también la posibilidad de la creación de un catálogo virtual BIM del patrimonio construido, no solo con información geométrica sino con datos relevantes a restauraciones e intervenciones realizadas y su alcance, fechas, origen de los materiales incorporados, etc.

En la parte más artística, 3D BIM permite la visualización y renderizado del modelo con texturas, materiales, iluminación natural y/o artificial y ambientación muy próxima a estar viendo el proyecto construido. También permite el realizar recorridos virtuales por la construcción para apreciar la sensación de espacio, habitabilidad y funcionalidad, etc.

Esta cualidad no solo facilita el entendimiento del proyecto por parte del cliente/promotor del proyecto, sino que ayuda al equipo de diseño a mejorar el resultado final en etapas muy tempranas del proyecto.

La realidad virtual con BIM 3D toma una nueva relevancia cuando se convierte en inmersiva a través de gafas 3D como las Oculus® o las Google Glass™ o el uso de las *BIM cave*, laboratorios de ensayo de realidad virtual inmersiva donde las paredes, suelo y techo de la habitación se adaptan al modelo virtual, permitiendo vivir la sensación de que realmente se circula por la construcción.

Y la realidad aumentada permite que un usuario BIM equipado con un dispositivo portable como un smartphone o una tablet con el posicionamiento por geolocalización activado y con el modelo BIM 3D cargado en su memoria, pueda orientar su dispositivo hacia una zona determinada de una construcción y “ver” la información oculta de la misma (gráfica y no-gráfica) como podrían ser las instalaciones empotradas en muros, tras falsos techos, el nombre y teléfono de la empresa que ejecutó esa unidad de obra etc. Esta aplicación es fundamental en la fase de explotación y mantenimiento de la construcción.

Relevante en esta área es el proyecto de investigación *C2B: Augmented Reality on the construction site* que se está llevando a cabo en Netherlands Organization for Applied Scientific Research (TNO) donde se desarrolla un sistema de realidad aumentada integrada con BIM en obra, de manera que, por ejemplo, los operadores de maquinaria para movimiento de tierras lleven en sus parabrisas un sistema de lámina o vidrio capaz de reproducir el modelo BIM 3D estructural emplazado por geolocalización en el solar, pudiendo visualizar la cimentación, su replanteo virtual, dimensiones y profundidad, sin necesidad de un replanteo físico previo, que les permitiría ejecutar la excavación exacta en el solar sin la pérdida de precisión que se produce en el replanteo tradicional. (van Verlo, Helmholt et al. 2009)

Como se puede deducir, 3D BIM va más allá de la obtención de modelos digitales para la construcción. El abanico de posibilidades que presenta y la capacidad que tengan de cambiar la forma en que trabajamos en los procesos tradicionales van a marcar el futuro inmediato de la construcción. La extensa producción científica que en estos momentos se publica sobre nuevas funcionalidades y aplicaciones de BIM en la construcción escapa al objetivo principal de esta tesis, pero permite afirmar que toda esta revolución tecnológica aproximará el proceso constructivo a un

proceso industrial mecanizado y tecnológico, donde la parte artesanal apenas tendrá cabida.

4D BIM

Si al modelo 3D BIM le añadimos la dimensión *tiempo*, estaremos hablando de la cuarta dimensión en la construcción, 4D BIM.

A la capacidad de BIM de la visualización y recorrido por el espacio tridimensional, este factor añade la capacidad para su recorrido en el tiempo. Es decir, nos permite controlar la dinámica del proyecto, realizar simulaciones de las diferentes fases de la construcción o diseñar el plan de ejecución de la obra y compartirlo con todos los oficios, empresas, industriales y demás agentes intervinientes en el proceso.

Para ello, se prepara el modelo 3D BIM asignando fases de ejecución a una tipología común de elementos de cada fase (demolición, nueva construcción: movimiento de tierras, nueva construcción: cimentación, etc.) y asignándoles un tiempo de inicio y final de ejecución. Esto se puede realizar asignando fecha de inicio y final de ejecución, bien por tipología (todos los pilares de una planta) o bien por elementos individuales (cada pilar de esa planta).

Esta asignación se puede realizar en software específico 4D BIM o bien ser importado desde otros programas de planificación y programación temporal de proyectos como podrían ser Microsoft Project™ o Primavera®.

Sin embargo, la integración de otras metodologías colaborativas en la gestión de proyectos como Lean Construction y las posibilidades que ofrece el entorno BIM están cambiando la forma en que tradicionalmente se programan las obras. Frente a la programación temporal de actividades se contraponen la programación por localización de los trabajos, LBS⁸⁹. Este método se basa en la Teoría de la Línea de Flujo o Flowline Scheduling Theory (Vico Software 2015), que establece que los oficios y distintas cuadrillas de trabajadores pueden trabajar con ratios de productividad óptima y máxima seguridad si el espacio en el que han de desempeñar su trabajo está libre de materiales innecesarios y otros equipos que entorpezcan su labor.

La programación de obras basada en localizaciones se está imponiendo poco a poco en algunos países europeos, especialmente en los nórdicos, aunque ya existen casos de éxito en Francia, Gran Bretaña e, incluso, en España. Para programar obras

⁸⁹ Programación por localización, en adelante LBS, acrónimo del inglés Location Based Scheduling.

basándose en localizaciones se puede usar el software de Vico® o de Synchro® entre otros, que toman directamente la información de los espacios de los modelos 3D BIM y la lista de unidades de obra a ejecutar en los mismos.

Independientemente del método de programación que se elija, 4D BIM permite además reproducir el proceso de ejecución en un *time-line*, visualizando el avance de las obras, el equipamiento y medios auxiliares que se utilizarán, su correcto emplazamiento, las interferencias que se pueden llegar a producir o las medidas de seguridad y salud que será necesario utilizar en cada tajo.

Esta visualización del proceso en formato de película permite:

- detectar errores de programación, como la no asignación de tiempos a una determinada unidad de obra, o su ejecución temporal antes que otras que necesite, o bien la confluencia en una misma localización de dos actividades simultáneas, etc.;
- la optimización de la logística de la obra, como la selección de equipos y medios auxiliares adecuados, emplazamiento del centro de trabajo temporal, zonas de carga/descarga y acopios de material, etc.;
- el análisis de los sistemas de protección y seguridad necesarios para cada actividad;
- el cálculo de la distribución de materiales y recursos en cada zona de la obra; etc.

Una de las cualidades más interesantes que tiene 4D BIM es la de poder compartir toda esta información de forma visual con las empresas participantes en el proceso, de manera que todos pueden ver la planificación de los trabajos a realizar, opinar, proponer y adaptar la misma a una solución realista y ajustada a los procedimientos de trabajo. La visualización de estos procesos en *time-line* en las reuniones de coordinación de actividades empresariales que exige el RD 171/2004⁹⁰ para el establecimiento de los procedimientos de trabajo es una actividad que ya se está utilizando en obras.

En cuanto a las posibilidades de futuro que 4D BIM presenta, se está trabajando ya en la impresión 3D de edificios, técnica mediante la cual, un equipo capaz de imprimir hormigón, u otro material resistente y adecuado, conectado con el

⁹⁰ RD 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales, que requiere un sistema eficaz de coordinación empresarial en materia de prevención de riesgos laborales en los supuestos de concurrencia de distintas actividades empresariales en un centro de trabajo.

modelo arquitectónico 3D BIM y con la dimensión tiempo integrada en cuanto a orden de ejecución de la impresión y tiempos de espera para que el material adquiera la resistencia necesaria, está empezando a ofrecer sus primeros casos de éxito⁹¹.

De nuevo, la tendencia del sector de la construcción a reinventarse como industria manufacturera, con un alto grado de mecanización y robotización, va tomando forma con estos avances.

5D BIM

Aunque estrictamente hablando, a partir del 4D BIM no cabrían nuevas dimensiones que añadir al modelo, como se ha dicho, en el entorno BIM se sigue el criterio de añadir disciplinas como si de nuevas dimensiones del modelo se tratasen, incrementado su capacidad integradora y global.

De este modo si al modelo 4D se le añade la disciplina de la gestión presupuestaria del proyecto de construcción, estaremos ante un modelo 5D BIM. En él, además de la información geométrica y la dimensión tiempo, se agrega la información de costes de las unidades de obra. Puesto que el modelo 3D BIM contiene toda la información sobre las mediciones del proyecto, al afectar estas mediciones por sus costes unitarios obtenemos el presupuesto de la obra. Si este presupuesto lo enlazamos ahora con el coste de la contratación de las distintas unidades de obra con las empresas subcontratadas, industriales y suministradores, tendremos la estimación de beneficios inicial de la empresa adjudicataria. Y si ahora lo enlazamos con la programación de la ejecución, esto es, con el modelo 4D BIM, dispondremos de la planificación de la gestión económica de la misma, con sus flujos de caja de ingresos por certificaciones y pagos a subcontratas.

Además, el impacto de cualquier modificación o cambio de materiales puede ser inmediatamente valorado en el presupuesto del proyecto, puesto que basta con seleccionar dicho elemento o material en el modelo y actualizar el precio unitario para conocer el montante final de la modificación.

Prueba de la importancia que 5D BIM está tomando es que la mayoría de los principales desarrolladores de software de mediciones y presupuestos ya han

⁹¹ Noticias en prensa de impresión 3D de edificios:

El Mundo (01/07/2015) "Dubai construye la primera oficina impresa en 3D del mundo"

<http://www.elmundo.es/economia/2015/07/01/5593c653e2704e40378b457e.html>

ABC (21/01/2015) "Construyen un edificio de cinco pisos con una impresora 3D en China"

<http://www.abc.es/tecnologia/informatica-soluciones/20150120/abci-edificio-china-201501201741.html>

modificado sus programas para que puedan trabajar en entorno BIM, con plug-ins que conectan su motor de cálculo con los modelos BIM o bien integrando enteramente su funcionamiento dentro de uno de los programas de autoría BIM.

Los principales programas de mediciones y presupuestos en España ya han realizado esa adaptación. Tanto Presto™ de Soft® como Arquímedes™ de CYPE® o Gest™ de Artek® ya tienen plug-ins que los conectan con los principales software de BIM, especialmente con Revit de Autodesk pero también con ArchiCAD de Graphisoft, de forma bidireccional e interoperable, es decir, un cambio realizado en el modelo se actualizan en tiempo real en las mediciones; o un cambio en la base de precios utilizada para asignar precios a las unidades de obra, se actualiza inmediatamente en el parámetro correspondiente del elemento del modelo.

5D BIM abarca todo el control de costes y estimación de gastos del ciclo de vida del proyecto, y va directamente relacionado a mejorar la rentabilidad del mismo. Además, esto se puede hacer desde una fase muy temprana del proyecto, ya que en un nivel LOD 100, con una geometría de masas conceptual ya se pueden obtener superficies totales construidas y calcular su coste/rentabilidad aproximada tomando como referencia valores medios resultantes de experiencias anteriores o del mercado.

No solo obtenemos las mediciones de unidades de obra y, con ellas, su coste. También tendremos las cantidades exactas de los materiales necesarios para la completa ejecución de la obra, por lo que la planificación de sus compras se simplifica y, con el seguimiento y actualización de los progresos en la ejecución, conoceremos las cantidades exactas gastadas, el desfase por pérdidas y/o roturas o cualquier otra desviación que, de otro modo, sería casi imposible medir y conocer.

Si, además, asignamos a cada elemento del modelo información externa como el albarán de entrega del material en la obra, tendremos la trazabilidad de la información de dónde ha sido puesto en obra, contribuyendo al control de calidad de la ejecución.

La gestión presupuestaria de la obra no solo se refiere a las unidades de obra o los materiales. También permite el control económico de la mano de obra o de los medios auxiliares a utilizar. Y esto unido a la simulación de procesos 4D BIM nos permitirá optimizar los tiempos de alquiler y contratación de recursos. Dicho de otro modo, si conocemos el precio de licitación del elemento a ejecutar, el coste de los materiales que lo componen, de la mano de obra necesaria y de los medios a emplear, y ello lo podemos agrupar por tiempos de ejecución y/o por

localizaciones, estamos ante una planificación de carga de costes presupuestados y reales que nos permite un análisis del valor ganado⁹² (*earned value*) y, con ello de forma automática, nueva información actualizada de si nuestro proyecto está retrasado o fuera de presupuesto.

Puesto que 5D BIM abarca todo el ciclo de vida del proyecto, en la fase operativa o de explotación también permite la toma de decisiones sobre el control de costes. En primer lugar porque se anticipa a esa fase calculando los costes de funcionamiento y mantenimiento de componentes del proyecto, lo que permite valorar su adecuación en función de la rentabilidad y durabilidad de los mismos. También permite analizar, calcular y decidir cambios, modificaciones o reformas que contribuyan a un mejor rendimiento y eficiencia del edificio en funcionamiento.

6D BIM

La sexta dimensión de BIM se centra en la sostenibilidad y rendimiento energético del objeto de la construcción. Por ello en ocasiones es denominada Green BIM o BIM verde. La integración de esta disciplina nos permite simular y conocer en qué grado será sostenible desde las fases más tempranas de su concepción y diseño.

En la metodología actual, para evaluar el rendimiento y clasificación energética de un proyecto, se deben tener todos los elementos perfectamente definidos, por lo que es necesario encontrarse en una fase muy avanzada del proyecto para poder conocer su comportamiento energético. En ese momento se somete el proyecto a evaluación y, en caso de que el resultado no sea satisfactorio, hay que volver a empezar cambiando aspectos del diseño y/o soluciones que mejoren su comportamiento energético pasivo o activo.

6D BIM permite testear y simular su comportamiento pasivo desde el principio, permitiendo la toma de decisiones en cuanto a diseño en fases tempranas que luego no provocarán la necesidad de rehacer el trabajo ya hecho.

Y en cuanto a su comportamiento activo, una vez integradas las instalaciones de confort térmico, se podrán realizar tantas simulaciones de rendimiento como se deseen alternando los equipos instalados.

⁹² Valor ganado o EV (acrónimo del inglés *earned value*) es el valor del trabajo realmente ejecutado con respecto al trabajo planificado o de proyecto. Es como una foto en un momento dado que indica el avance del proyecto (Palomares, 2011. Introducción a la Gestión de Proyectos. Gestión del Valor Ganado (EVM).© UPV <https://www.youtube.com/playlist?list=PL6kQim6ljTJuffCNtftj6YP1orF6NuiQ5>) (Último acceso: 2015/09/15)

La combinación de ambos nos permitirá evaluar el modelo BIM creando variaciones e iteraciones en la envolvente, los materiales utilizados, el tipo de combustible para enfriar/calentar los espacios del objeto de la construcción, etc. teniendo en cuenta, además, su emplazamiento geográfico, su posición y orientación, el nivel de soleamiento en las distintas estaciones del año, las temperaturas de la zona, etc. Es decir, simulaciones de la realidad que tendrá que soportar nuestro modelo cuando se haya construido, puesto que tomaremos los datos de distintas fuentes (centros meteorológicos, geo-posicionamiento espacial, incidencia e inclinación del sol en cada estación para ese emplazamiento específico, etc.) que son capaces de interactuar dentro de la tecnología BIM y generar simulaciones mucho más exactas y fiables que las que actualmente realizamos con los procedimientos disponibles.

6D BIM no solo se centra en los aspectos del confort térmico. También se puede simular el rendimiento del objeto del proyecto en la parte acústica siempre que tengamos mapas de ruido de la zona, puesto que los parámetros de aislamiento acústico de los materiales y las soluciones constructivas dispuestas en el proyecto se pueden utilizar para evaluar la capacidad aislante de la construcción mediante las reglas de cálculo pertinentes introducidas en la simulación.

También podemos someter a simulación el comportamiento del objeto del proyecto a los vientos dominantes de la zona, siempre que existan mapas de viento. Este aspecto, que el Instituto Nacional de Meteorología de nuestro país apenas tiene catalogado, es de gran utilidad en la disciplina de Urbanismo, con el diseño de grandes zonas urbanas y la incidencia que la altura y disposición de los edificios y zonas abiertas tendrán para el encauzamiento de los vientos de la zona. También es necesario para el testeo de edificios de gran altura o superficies de cerramientos especiales, para evaluar la incidencia de las cargas de viento sobre ellos.

En cuanto a la rehabilitación energética del parque inmobiliario existente, si se dispone de un modelo BIM del edificio a rehabilitar en su estado actual, que se podría perfectamente obtener mediante la captura de nubes de puntos con un láser-escáner 3D, podría ser sometido a tantas simulaciones de rendimiento como sea necesario para evaluar la eficacia, viabilidad, calificación energética obtenida y retorno de inversión de los distintos cambios, mejoras, materiales e instalaciones que se deseen comprobar y finalmente proponer.

Por supuesto, 6D BIM permite conocer la huella de carbono que va a producir tanto la construcción de nuestro proyecto como su funcionamiento futuro, ya que son conocidos los materiales a utilizar y sus cantidades. Se pueden agregar parámetros

con información sobre sus puntos de adquisición, tiempos de recorrido hasta su entrega en obra, la propia huella de carbono que produjo su fabricación, etc.

Prueba de las posibilidades que 6D BIM ofrece a la sostenibilidad y su evaluación es el reciente acuerdo⁹³ firmado por BuildingSMART Spanish Chapter y Green Building Council España para la creación de un grupo de trabajo entorno a la tecnología BIM y el impacto ambiental del sector de la edificación en España.

Y ya que se ha comentado la utilidad para la disciplina de Urbanismo, cabe hablar del uso de 6D BIM en el análisis de sostenibilidad de las ciudades, es decir, cuando el objeto de estudio en BIM no es una única construcción sino el conjunto de elementos que componen una población entera. En ese punto, BIM empieza a mostrar su gran potencial de simulación, análisis y gestión para convertir poblaciones en *Smart Cities*.

Una Smart City busca la sostenibilidad entre las necesidades de su población y los recursos disponibles. Se trata de gestionar de forma eficiente el funcionamiento de la ciudad, mediante la integración de los sistemas de gestión de que dispone y la captura de todos los datos necesarios para conocer en tiempo real las necesidades y problemas de la ciudad con el fin de atenderlos de forma equilibrada. A este inmenso conjunto de datos que, capturados por los medios adecuados, reportan al sistema integrado el funcionamiento orgánico del modelo es lo que denominamos *big data*, y su captura y tratamiento es uno de los desarrollos de futuro de BIM. Podemos imaginar un gran centro comercial donde, en función de la hora del día y tipo de actividades, se concentre un elevado número de personas en una zona determinada (dato que capturaremos como big data), en la que esa concentración provocará una subida de la temperatura ambiental (que detectaremos con los sensores de temperatura) y sea necesario impulsar más caudal de aire frío o bajar la temperatura del impulsado, mientras que en el resto de las zonas no lo requieran (acción que realizará de forma automatizada el sistema de gestión de la climatización) y todo ello integrado, monitorizado y recogido en el modelo BIM del centro comercial, donde quedará registro de todos estos datos para su consulta, simulación, mejora del sistema de ventilación y/o climatización, etc.)

Para una mejor interpretación de las posibilidades que ofrece la integración de BIM con el Big Data y las Smart Cities, podemos asemejar la ciudad a un organismo vivo,

⁹³ Noticia del acuerdo firmado entre BuildingSMART Spanish Chapter y Green Building Council España: <http://www.buildingsmart.es/2015/09/30/gbce-y-bssch-firman-un-convenio-de-colaboraci%C3%B3n/> (Último acceso: 2015/09/15)

donde las sensaciones o necesidades del mismo son transmitidas al cerebro a través de terminaciones nerviosas o la sangre circulante (Big Data) y que el cerebro (BIM) recibe y registra para generar la alarma, manteniendo activa la monitorización de todos los sistemas.

Actualmente el uso de BIM está más extendido en el ámbito de la edificación que de las infraestructuras, pero el desarrollo de su tecnología y su capacidad para interoperar con otros sistemas de forma bidireccional permite vislumbrar un futuro con un gran potencial de crecimiento e implementación.

7D BIM

La última de las dimensiones de BIM hasta ahora consensuada, corresponde a la integración de las disciplinas que se encargan de la gestión del objeto del proyecto en su fase operativa o de explotación, cuando pasa a ser un activo inmobiliario.

7D BIM trabajará siempre a partir del modelo BIM desarrollado a un nivel LOD 500, *as-built*, complementado con los datos necesarios para la gestión (conexión y ubicación de sondas, sensores, alarmas, etc.) que se acostumbra a denominar *Asset Information Model* (AIM), modelo de información del activo.

La gestión del ciclo de vida del objeto del proyecto se completa así con la incorporación del uso y mantenimiento que de él se haga una vez finalizada su construcción. En ese sentido, este modelo permite el control logístico, la optimización de los procesos más importantes como las inspecciones periódicas, mantenimiento, reparaciones, mejoras, etc.

La vida media de un activo inmobiliario como un edificio se tasa en 50 años. Hasta hace relativamente poco tiempo, las disciplinas de diseño y construcción apenas consideraban esta fase en su toma de decisiones. Lo que sucediese tras la finalización de la obra con el activo, salvo las cuestiones relativas al ámbito de la responsabilidad legal, no eran de su incumbencia.

Sin embargo, la concienciación social sobre el impacto medioambiental de las construcciones, las pérdidas de energía por un inadecuado mantenimiento, etc., hizo que se empezase a legislar en favor de integrar la vida útil de las construcciones desde la fase de proyecto. Ello provocó que la disciplina del mantenimiento se profesionalizase, fuese puesta en valor. El mantenimiento pasaba a ser preventivo y no reparativo, con lo que hacía falta un profesional técnico capaz de entender el activo como un ente global y no solo como instalaciones que había que reparar

cuando fallasen. Y ese profesional debería tener conocimientos no solo de instalaciones y su funcionamiento, sino también de construcción, seguridad, rendimiento energético, ergonomía, etc. Ese profesional, que es muy habitual en el sector servicios del mundo anglosajón, se denomina *Facility Manager* (gestor de la instalación⁹⁴) y la disciplina 7D BIM como *Facilities Management*.

La gestión de activos inmobiliarios se integra de una forma más habitual en las fases de diseño y construcción cuando el objeto del proyecto es un activo inmobiliario para el sector servicios (hospital, centro comercial, edificio de oficinas, etc.) puesto que el programa de necesidades e instalaciones necesarias están muy definidas, siendo imperativa su contemplación desde el inicio. Esto permite a los facilities managers integrarse en la cadena de toma de decisiones durante las fases de diseño y construcción.

5.8. Estándares y Guías BIM

Saber manejar un coche no implica saber conducir. Un experto conductor puesto en cualquier carretera es un peligro si desconoce las normas de circulación que se utilizan en ese lugar. Del mismo modo, saber utilizar cualquier herramienta BIM no implica “hacer/practicar BIM”. Como se viene argumentando a lo largo de este trabajo, BIM es a la vez una tecnología, una metodología y un conjunto de procesos de trabajo e información. El usuario BIM a nivel profesional debe conocer las normas que rigen la compartición de la información y el trabajo colaborativo. Ese protocolo de funcionamiento es lo que se conoce como estándares BIM. Volviendo al ejemplo anterior, es el código de la circulación de cualquier usuario BIM.

Los estándares BIM se pueden establecer a cualquier nivel: interno en la organización, entre organizaciones que van a colaborar en un proyecto BIM, por zonas geográficas, por grupos comunes de profesionales, etc. De hecho, pueden coexistir distintos estándares a distintos niveles. Sin embargo, entre los expertos en BIM se teme que a medida que se popularice la adopción de BIM por parte de la industria de la construcción, proliferen estándares diferentes y difícilmente integrables entre sí. Con ello, sin duda, se estaría dando un paso hacia atrás en este

⁹⁴ En este contexto, instalación no se refiere a ninguna de las distintas instalaciones que puede tener el activo inmobiliario, sino al activo en sí mismo, como un ente global. En inglés existe un término distinto para cada uno de estos conceptos: facility para el activo global e installation para cada una de las instalaciones de funcionamiento del activo.

salto cualitativo que supone implantar BIM como lenguaje común de todo el sector. Se daría la paradoja de que todos hablarían el mismo idioma pero usarían diccionarios diferentes, con diferente terminología y significado, lo que imposibilitaría la comunicación y el intercambio de información.

Pero la necesidad de estandarizar la información a compartir y generar, no solo se produce dentro de una organización como la que puede representar el equipo técnico de proyecto, sino que luego será necesario coordinarla con la empresa constructora adjudicataria, que a su vez deberá hacerlo con sus distintas subcontratas e industriales; también habrá que coordinarse con la administración pública cuando admita la entrega de modelos BIM para todos los trámites legales que conlleva un proyecto de construcción, y con el equipo de facility management que se encargará del mantenimiento en la fase de explotación. Eso sin contar a los fabricantes de productos y materiales de construcción, que generarán sus propias bibliotecas BIM con sus catálogos para que sean insertados en los proyectos y, por tanto, prescritos.

Como se puede suponer, se hace necesario poner orden en la compleja estructura del sector. Sería necesario consensuar una estrategia a nivel macro-BIM mediante el desarrollo de iniciativas desde el sector público que posteriormente incidirían en el sector privado. Serían unas normas genéricas de mínimos para todo el sector que luego se pudiesen desarrollar y ampliar (en orden descendente de ámbito) por tipologías comunes de negocio (fabricantes, constructoras, administración, técnicos...), disciplinas, proyectos e internamente en cada organización (nivel micro-BIM) (López Martín 2015).

Sin embargo, puesto que BIM es una tecnología que permite información paramétrica, es decir, que los usuarios pueden añadir registros de información, crearla nueva, usarla y seleccionar aquella que le interese, la creación de estándares a nivel internacional se presenta complicada. Por ejemplo, el parámetro anchura de un elemento, ¿se denominaría width, largeur, anchura, o quizá otro? Habría que elegir un idioma común para todos y eso entraría en conflicto con los usuarios del resto de idiomas. Es por ello que parece que, más allá de que actualmente se empiece a trabajar en un estándar BIM a escala de la Unión Europea⁹⁵, el primer nivel de una guía BIM debería ser el ámbito estatal de un país que desee implantar BIM en su sector de la construcción. Esta guía o estándar puede nacer en forma de norma de obligado cumplimiento desde el gobierno o

⁹⁵ El EU BIM Task Group trabaja bajo el auspicio de la Comisión Europea para intentar la convergencia de los estándares BIM de los países integrantes de la Unión.

bien como iniciativa privada a la espera de que la administración se ocupe de este asunto.

En la página web de la BuildingSMART International se puede consultar el repositorio⁹⁶ de todas las guías BIM que actualmente se están elaborando en distintos países.

En Gran Bretaña por ejemplo, ha sido el Gobierno quien ha tomado la iniciativa y hace cuatro años, fijó en enero de 2016 la fecha en la que toda empresa que desee licitar obra pública deberá tener un nivel 2 (Figura 4) de madurez en procesos BIM así como toda su cadena de suministro. Para conseguir este objetivo creó un grupo de trabajo de expertos en BIM (el BIM Task Group) que debía marcar la hoja de ruta y establecer las necesidades que se debían cubrir para garantizar la transición hacia BIM con éxito. El objetivo final de toda esta implantación es reducir entre un 20% y 30% el coste de las obras públicas.

La norma PAS 1192-2, publicada por el British Standards Institute (BSI) proporciona el marco para el trabajo colaborativo y la gestión de la información en un entorno BIM de madurez nivel 2.⁹⁷

En EEUU, donde cada Estado es facultativo de legislar sus propias leyes al respecto, es la organización corporativa de los arquitectos, el American Institute of Architects quien ha elaborado la guía BIM (GS202-2013 Building Information Modeling Protocol Form) que es ampliamente asumida dentro del país y fuera de él. Por ejemplo, su clasificación de los LOD de un proyecto que se ha visto en un apartado anterior, es ya una referencia internacional.⁹⁸

En España, a falta de iniciativa gubernamental, durante la celebración del 2º Congreso Nacional BIM, EUBIM 2013, celebrado en mayo en la Universitat Politècnica de València, nació como iniciativa de los participantes el proyecto uBIM, Guía de Usuarios BIM de España, que se elaboró durante el siguiente año bajo la supervisión de la BuildingSMART Spanish Chapter, que la publicó en 2014. Consta, en el momento de redacción de esta tesis, de 13 documentos organizados por

⁹⁶ <http://bimguides.vtreem.com/bin/view/BIMGuides/Guidelines> (Último acceso: 2015/09/15)

⁹⁷ BIM nivel 2 o BIM Level 2: Es fundamentalmente trabajo colaborativo. Todas las partes utilizan sus propios modelos CAD 3D. La información de diseño se comparte a través de un formato de ficheros común que permite a cualquier organización interviniente en el proceso ser capaz de combinar esos datos con los propios con el fin de llevar a cabo sus controles. De ahí que el/los software que cada parte utilice debe ser capaz de exportar de/importar a un formato de archivo común.

⁹⁸ De hecho, y a pesar de lo que se ha visto sobre la iniciativa uBIM en España, en este documento de tesis se va a utilizar la clasificación de la AIA para hacer referencia a los distintos niveles de desarrollo de proyecto.

disciplinas. Esta guía es una adaptación del COBIM finlandés (Common BIM Requirements, 2012) que ha sido reinterpretado a la casuística y normativa española.

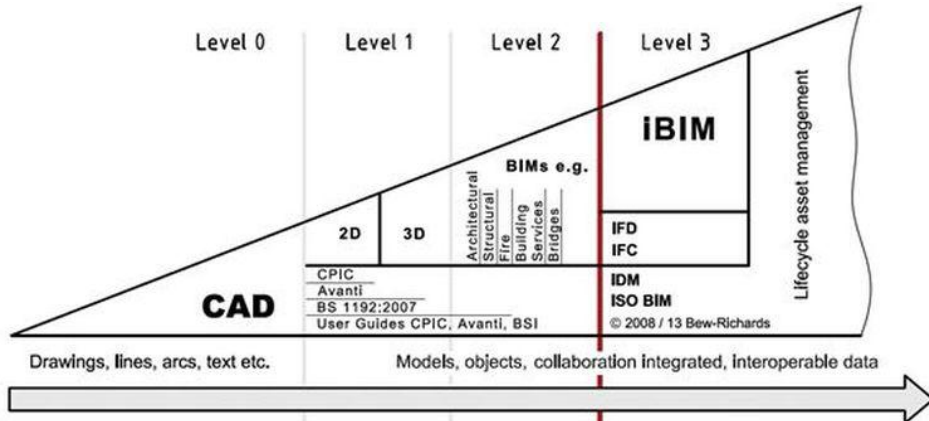


Figura 4. Niveles de madurez BIM. 2014. BS1192

Es de suponer que la Comisión BIM del Ministerio de Fomento asuma como estándar de ámbito estatal esta Guía.

Cuando bajamos del nivel macro-BIM al nivel micro-BIM, entramos en el ámbito de las organizaciones. Toda organización que desee trabajar en un entorno BIM debe planificar la operativa necesaria para resolver los proyectos de construcción usando la tecnología y flujos de trabajo basados en BIM, desde la formulación del encargo hasta la entrega del modelo o modelos BIM acabados, en un documento de planificación. Dicho documento además puede ayudar a la sistematización y al control de calidad de los sucesivos proyectos que se desarrollen (Mora Pueyo 2014).

En estos manuales BIM organizacionales se regula el nombre que tendrán los archivos, la estructura de carpetas que tendrá el proyecto en el servidor BIM de la organización, con qué frecuencia se refrescará la información desde y hacia el servidor BIM por cada participante, se establecen los flujos de trabajo por disciplinas o proyectos, se designan los roles de cada miembro de la organización en el entorno BIM, los niveles de detalle con los que se trabajará cada fase, las vistas y planos que se generarán, e incluso se dará instrucciones específicas sobre cómo se deben modelar determinados elementos del modelo BIM.

Cuando varias organizaciones entran a trabajar conjuntamente un proyecto en entorno BIM, se hace necesario un plan específico de estandarización para dicho proyecto, que intentará aunar los manuales BIM de las organizaciones participantes y los requisitos específicos del proyecto. Es lo que conocemos como Plan de Ejecución BIM⁹⁹. El BEP de un proyecto desarrollado en BIM es tan importante como el propio proyecto en sí. Es la garantía de que el trabajo va a ser coordinado, integrado y responderá a los requisitos del cliente.

Las ventajas que aporta el BEP al desarrollo exitoso de un proyecto son (Mora Pueyo 2014):

- Establece una metodología común para relacionar los requisitos del cliente con los niveles de detalle o desarrollo del modelo.
- Fomenta la adopción de BIM por los proveedores de servicios y productos para responder a los requisitos de los clientes.
- Facilita la estandarización de los requisitos del cliente.
- Mejora los métodos de entrega del proyecto o prestación de servicio para todos los participantes e interesados en la operación.
- Se incrementa la cantidad y calidad de información agregada al modelo.
- Aumenta el valor y el beneficio para los propietarios y Administración.
- Todas las partes comprenden y comunican los beneficios estratégicos de implementar BIM en el proyecto.
- Las distintas organizaciones conocen sus funciones y responsabilidades.
- El equipo es capaz de diseñar un proceso de ejecución ajustado a la organización y forma de trabajo de cada miembro.
- Se pueden prever recursos adicionales necesarios para implantar con éxito el uso de BIM, tales como formación u otros.
- El BEP puede establecer requisitos para futuros participantes que se tengan que incorporar al proyecto.
- Se pueden especificar requisitos contractuales de forma muy precisa para asegurar el cumplimiento de las obligaciones de los contratistas.
- El BEP permite hacer un seguimiento de los logros parciales o hitos del proyecto.
- Trazabilidad: El BEP define la gestión de los procesos BIM del proyecto, permite saber quién es el autor de cada parte o documento del proyecto, cuándo se ha desarrollado, cuál es la última revisión y qué cambios ha

⁹⁹ Plan de Ejecución BIM, en adelante BEP, de su acrónimo en inglés BIM Execution Plan.

sufrido, de forma que puede conocerse toda la evolución del trabajo para poder tomar decisiones relacionadas más adelante.

- Otra ventaja de gran trascendencia para el objetivo de esta tesis es su carácter didáctico, de mentalización y de divulgación de la metodología BIM, que hace que todos los implicados tengan claro cuál se pretende que sea el resultado final y lo que tiene que hacer cada uno para conseguirlo, minimiza errores y maximizar el rendimiento.

La existencia del BEP se plantea habitualmente en dos fases: una fase pre-contractual en la que sirve como pliego de condiciones de contratación, establecido por el promotor; y una fase post-contractual, donde se planifican detalladamente las diferentes tareas que deberán abordar cada uno de los miembros integrantes del proyecto. Ambas fases son necesarias y complementarias.

5.9. Los roles BIM

Tras la lectura del apartado anterior, la pregunta inmediata que surge es ¿quién redacta los manuales BIM de las organizaciones o el BEP de un proyecto? Para dar respuesta a esta cuestión, primero analizaremos cómo es el flujo de trabajo habitual para la realización de un proyecto en un entorno BIM:

1. Se establecen las reglas de funcionamiento del equipo completo de proyecto.
2. Se habilita un servidor BIM donde se almacenará toda la información y modelos del proyecto, y a donde todos los participantes acudirán a tomar y depositar información.
3. A medida que se avanza en el diseño y definición del modelo arquitectónico, los especialistas de otras disciplinas que pueden tener incidencia en este participan con análisis y estudios preliminares que faciliten la toma de decisiones sobre el diseño óptimo.
4. Una vez convenido el resultado final del modelo arquitectónico, al nivel de desarrollo que se haya acordado, cada especialista empieza a trabajar con su modelo particular siempre vinculado al modelo arquitectónico, de manera que si se produce cualquier modificación en este, le aparezca de inmediato en su modelo.

5. Los distintos especialistas exportan sus modelos específicos a los programas de cálculo/análisis necesarios en sus disciplinas, mediante IFC o plug-ins que interoperan con el programa de autoría BIM con el que trabajan.
6. Devuelven al servidor BIM sus modelos con el diseño y dimensionado final tras el cálculo/análisis.
7. Todos los modelos se integran en el de coordinación, donde con el software BIM adecuado, se analizan las interferencias y colisiones entre disciplinas, realizándose en consenso las modificaciones necesarias para resolver los conflictos de diseño y dimensionado entre elementos del proyecto.

La adopción de BIM como metodología de trabajo en una organización o para el desarrollo de un proyecto entre distintas organizaciones y profesionales, trae consigo la asignación de funciones y responsabilidades a cada integrante del equipo BIM. Estas siempre deben estar claramente definidas y asignadas en el manual BIM de la organización o BEP del proyecto.

Aunque la denominación de cada puesto no está claramente consensuada entre los usuarios BIM españoles, sí que están consensuadas las funciones específicas de cada rol. Algunos de los nombres se mantienen de su denominación en inglés puesto que se han popularizado con ese término. De menor a mayor responsabilidad en un entorno BIM, tenemos:

- Modelador/Operador de elementos u objetos BIM: Crea elementos u objetos BIM que luego serán insertados en modelos BIM. Dada la amplia implantación de Revit como programa de autoría, también se le denomina modelador de familias, nombre que reciben los elementos en este software. A este miembro no se le requiere amplios conocimientos en construcción, tan solo básicos. En cuanto a conocimientos de la tecnología BIM, debe dominar la información paramétrica, el uso de las restricciones y el uso de aplicaciones para el modelado de elementos. Es un rol que están asumiendo generalmente los delineantes que se incorporan a BIM.
- Modelador/Operador BIM: Crea modelos BIM y prepara las vistas de planos. Dependiendo del nivel de desarrollo al que debe llegar el modelo, se le requerirá mayores conocimientos en construcción a mayores niveles de definición. Debe dominar las herramientas de software de autoría BIM. En niveles de desarrollo bajos, este rol lo puede desempeñar un delineante, pero en cuanto el LOD llega a 300, esta función ha de ser necesariamente realizada por un profesional AEC.

- **Analista BIM**: Es quien realiza simulaciones y análisis sobre modelos BIM. Debe ser un especialista en su disciplina y en el uso de las herramientas específicas BIM que le permiten aplicar sus conocimientos sobre el modelo de proyecto. Esta función solo la pueden desarrollar profesionales AEC.
- **Especialista en modelos BIM**: Este especialista trabaja para la mejora de la estructura de los ficheros IFC para optimizar el intercambio de información. Debe ser experto en interoperabilidad y protocolos de intercambio de datos entre programas. Puede ser un técnico informático o un delineante.
- **BIM Manager**: Es el responsable de gestionar al resto de miembros del equipo BIM. Es el responsable de desarrollar y aplicar el manual BIM de la organización. Requiere profundos conocimientos en construcción, gestión de proyectos, desarrollo de trabajo en entornos colaborativos y en procedimientos, protocolos, estándares y flujos de trabajo BIM. No tiene por qué ser especialista en el uso de herramientas BIM, pero es deseable un nivel alto de dominio de las más habituales. Este rol solo puede ser asumido por un profesional AEC.
- **General BIM Manager**: Es el BIM Manager que dirige y gestiona a los BIM managers asignados a cada uno de los proyectos en el caso de que una organización trabaje simultáneamente en varios de ellos.
- **Coordinador BIM**: Es responsable de desarrollar, aplicar y gestionar el BEP de un proyecto y coordinar a los BIM manager de las distintas organizaciones que participan en el proceso proyecto-construcción. Es el equivalente del General BIM Manager de una organización en el ámbito de un proyecto de construcción. Se le exigen las mismas capacidades que al BIM manager. En muchas ocasiones es el BIM manager de una de las organizaciones participantes que asume el rol de Coordinador BIM. Este rol solo puede ser asumido por un profesional AEC.
- **Facilities Manager**: Responsable de la gestión del edificio en su fase de explotación, realiza su labor en un entorno BIM. Este rol es asumido por un profesional AEC.

Es común en las Guías BIM de ámbito nacional o internacional señalar que el Coordinador BIM de un proyecto debe estar designado por el promotor y trabajar para asegurar el cumplimiento de los intereses de este en el desarrollo del proyecto en entorno BIM.

Fuera del ámbito del proyecto de construcción, aparecen también otros roles BIM:

- **Formador BIM**: Instructor en el uso de herramientas BIM.

- **Consultor BIM:** Asesor que facilita la implementación de BIM en una organización, diseñando y acompañando todo el proceso y la formación de los miembros de la organización. También se denomina así al profesional BIM contratado por una organización para externalizar el desarrollo de un proyecto o parte de él en BIM.
- **Investigador BIM:** Es aquel que investiga sobre BIM en el ámbito académico o de departamentos I+D+i, con el fin de proponer mejoras y avances en cualquiera de las facetas de BIM.

Como puede observarse, la mayoría de los roles profesionales que surgen con BIM son desempeñados, y nos atrevemos a decir que solo pueden ser desempeñados, por profesionales AEC con competencias en BIM.

5.10. El desarrollo del proceso proyecto-construcción en un entorno BIM

BIM es todo un ecosistema al que le queda aún mucho recorrido para ser completo y perfecto. Sin embargo, al nivel que ahora mismo se encuentra, ya ha conseguido revolucionar a toda la industria de la construcción y demostrar sus bondades en la mejora de la gestión y reducción de costes y plazos de ejecución. Hasta el extremo de conseguir que los gobiernos y administraciones se fijen en él y empiecen a legislar para implantarlo como metodología de uso generalizado. Lo veremos más adelante.

Cabe pensar que a medida que las investigaciones y desarrollos que ahora mismo se están realizando en institutos de investigación, empresas y universidades de todo el mundo vean la luz, la mejora y versatilidad en los usos de BIM y su capacidad para cambiar el modelo productivo actual será aún mayor, más eficaz y drástico.

En el estado en que se encuentra ahora mismo el desarrollo de BIM ya es posible realizar la gestión de todo el proceso proyecto-construcción con esta metodología. Sin embargo, deseamos ir un paso más allá e incorporar algunas de las investigaciones que a lo largo de este capítulo se han citado para dibujar el escenario donde un futuro profesional AEC deberá desenvolverse en muy breve espacio de tiempo:

- Podríamos imaginar una población donde todo su planeamiento urbanístico esté ya desarrollado en entorno BIM y accesible vía web para su consulta y trabajo. Además, podría estar conectado con la Oficina Virtual del Catastro, compartiendo la información gráfica de inmuebles y terrenos, apoyado por la información de un sistema de información geográfica.
- Un promotor o inversor inmobiliario podría consultar la base de datos vía Internet e interesarse en un solar para promover la construcción de un edificio. Tras las gestiones pertinentes para hacerse con el solar, enviaría a un topógrafo para que capturase la geometría 3D del solar y su entorno en forma de nube de puntos. Esta nube de puntos se entregaría en un fichero al equipo de proyecto que el promotor haya contratado.
- El equipo de diseño, con los datos de la nube de puntos del solar y el entorno, la normativa urbanística y el programa de necesidades del promotor, elaboraría varias propuestas de aprovechamiento y viabilidad del proyecto, que mostraría en un nivel LOD 100 tridimensional al promotor para que estimase la que mejor respondiese a sus objetivos.
- Una vez seleccionado el diseño conceptual base, empezarían a trabajar en él los modeladores BIM, dándole forma e información hasta un nivel LOD 200, con el que se elaboraría un recorrido virtual hiperrealista por el edificio terminado, para que el promotor valorase la propuesta y comprobase si se ajusta a su programa de necesidades. Esta presentación se podría realizar en una pantalla de alta resolución o bien a través de unas gafas Oculus o una BIM cave para una experiencia más inmersiva y próxima a la realidad. El promotor podría solicitar cambios de materiales o diseño que se le podrían mostrar de nuevo en un corto período de tiempo.
- Una vez aprobado el diseño definitivo, el modelo LOD 200 se subiría al servidor BIM para que los analistas BIM analizaran desde sus respectivas disciplinas el modelo y sugiriesen mejoras en su diseño.
- Tras la recopilación de todas las sugerencias, se analizarían y decidirían las que se fuesen a realizar. Se actualizaría el modelo y quedaría así a disposición de los analistas para que empezasen a trabajar con sus modelos específicos siempre vinculados al modelo arquitectónico para nutrirse de los cambios o aumento de información que fuese sufriendo durante todo el proceso de definición a un nivel LOD 300. La información estaría coordinada y sería compartida por todos porque aplicarían el BEP del proyecto en la creación de nuevos parámetros e incorporación de elementos.

- Cuando el modelo alcanzase el nivel de información exigido en un proyecto básico, se presentaría ante las autoridades competentes para solicitar la licencia de obras. Los técnicos municipales contrastarían el modelo BIM del proyecto con el modelo de referencia urbanística, comprobando que cumple edificabilidad, volumetría, altura de cornisa, etc. El resto de áreas contrastarían la información del modelo con la normativa que debiese cumplir en cada caso y verificarían su adecuación. En caso de tener que realizar alguna modificación, esta se podría hacer en muy poco tiempo.
- Se integrarían modelos de datos del ensayo geotécnico del terreno, datos meteorológicos de la zona y cualquier otra información necesaria para los análisis y cálculos posteriores.
- Como el BIM Manager habría asignado privilegios de uso del modelo y de la realización de modificaciones, cada vez que un analista o modelador BIM necesitase modificar un elemento que no fuese de su competencia, debería pedir permiso al propietario del elemento (del que es responsabilidad y está trabajando con él) para que se lo permitiese, denegase o bien realizase él mismo el cambio. De esta manera, se garantizaría la integridad de la información en tiempo real.
- Cuando cada analista finalizase el trabajo en su modelo específico, lo comunicaría al BIM manager para que este procediese a la integración en el modelo de coordinación. El analista de conflictos y colisiones trabajaría con todos los modelos integrados en el de coordinación y marcaría las interferencias detectadas para que fuesen resueltas por sus especialistas en combinación con el equipo de diseño y el BIM manager. La toma de decisiones sería cooperativa.
- Cuando se obtuviese la licencia de obras y el modelo de proyecto ya estuviese listo, se entregaría a las empresas constructoras para su estudio y licitación. El BIM Manager de la empresa constructora prepararía el modelo para que fuese estudiado por su organización y también para ser distribuido a los proveedores de servicios y productos.
- Los proveedores de servicios y productos no habrían de tener licencias del software con el que se hubiese generado el modelo BIM a estudiar. Podrían consultarlo y trabajar con él (sin poder cambiar nada) en aplicaciones gratuitas BIM o incluso en la web, donde existen páginas que permiten cargar un modelo BIM y analizarlo, obtener mediciones, etc.
- Todos los proveedores de servicios y productos tendrían un conocimiento global del proyecto, pudiendo consultar los detalles de los materiales y

soluciones prescritas en la información paramétrica de los elementos del modelo.

- Para la entrega de la oferta de licitación, la empresa constructora prepararía una simulación del proceso de construcción, con el progreso general de la obra, el emplazamiento y organización del centro de trabajo, el equipamiento necesario, las vías de suministro, carga y descarga, interferencias con elementos urbanos, etc. comprobando que se ajusta a sus procedimientos de trabajo.
- El BEP de la ejecución es parte del contrato de adjudicación y debería estar consensuado y asumido por la empresa adjudicataria y toda su cadena de suministro.
- A medida que la ejecución avanzase, mediante el empleo de drones que sobrevuelan la construcción, se podría tener permanente información de los stocks de almacenamiento de suministros existentes, que se contrastasen con las cantidades de materiales necesarios que se obtienen del modelo BIM y se podrían gestionar las órdenes de compra y suministro.
- Cada semana se escanearía el estado de la obra con un láser-escáner 3D, de manera que se tendría información real sobre el avance de la misma y cómo se está ejecutando, para trasladarla al modelo LOD 500 de final de obra.
- No habría discusión sobre las certificaciones mensuales, ya que los datos de drones y láser-escáner integrados en el modelo BIM reportarían la realidad de la obra ejecutada.
- En las reuniones de coordinación de actividades empresariales semanales se visionarían las simulaciones de los procesos a acometer en los siguientes días, para consensuar el orden de los trabajos y las medidas preventivas necesarias.
- La programación de la ejecución mediante LBS y el reporte de los datos de ejecución le indicarían al jefe de obra y a la dirección facultativa el estado real del proyecto frente a la programación y presupuesto iniciales.
- La documentación final de obra respondería a la realidad de la obra ejecutada, siendo válida para los trabajos de mantenimiento posterior.

Ante este parcialmente hipotético, pero cada vez más real, escenario de desarrollo profesional, la cuestión fundamental es: ¿cómo preparamos a los futuros profesionales AEC para su desarrollo en un entorno BIM?

Capítulo 6. BIM como disciplina: Marco conceptual

“BIM 3D es el formato que todos utilizamos. Incluso nos reconoceríamos culpables de girar la pantalla del ordenador con nuestro modelo en 3D para impresionar a nuestra pareja o familia (admítelo, todos lo hemos hecho)” (Extraído de la página web de Vico® Software)

6.1 La base de conocimiento de BIM

Para que BIM pueda ser enseñado-aprendido, junto a otras o integrado en otras, en el ámbito académico, deberá poder ser calificado de disciplina. Para poderlo calificar de disciplina definamos primero ese concepto que cuenta con varias acepciones.

Disciplina como sinónimo de arte, ciencia, asignatura o materia se caracteriza por poseer una serie de conocimientos o contenidos propios; en su ámbito se actúa en base a unos principios y métodos que le son particulares a fin de conseguir su o sus objetivos específicos. Cuando se trata de disciplinas de carácter técnico, cuentan además con una tecnología que también les es propia y necesaria.

Por otro lado, disciplina entendida como entrenamiento supone la capacidad de actuar ordenadamente y para ello se requiere, claro está, un orden, pero también una estructura preestablecida que haga más eficiente el trabajo y más rápida la consecución de los objetivos.

Establecer los conceptos básicos, los fundamentos sobre los que se construye el conocimiento y competencia en BIM y su taxonomía, requiere, en primer lugar de una definición común del propio concepto BIM. Sin embargo, como vimos en el capítulo anterior, BIM como acrónimo engloba, según nuestro criterio, tres niveles de conceptualización: la del objeto virtual susceptible de contener información (*model*), la de los procesos de intercambio y compartición de la información (*modeling*) y la que establece las políticas y protocolos de acción y relación a causa de las anteriores (*management*).

Numerosos son los intentos de consensuar una única definición de BIM común entre investigadores, el sector de la construcción y la industria del software, pero la realidad es que hasta ahora no ha sido posible (Succar 2005a). Donde sí que existe un acuerdo común es en aceptar que el marco conceptual de BIM incluye la tecnología (*herramientas*) que lo hace posible, los procesos (*método*) en el tratamiento de la información y la metodología (*principios y estructura*) que establece los protocolos de relación y actuación entre agentes que comparten la información.

6.1.1. La tecnología BIM

Cuando hablamos de la tecnología BIM nos referimos al conjunto de aplicaciones de software que hacen posible la creación, adición y análisis de la información necesaria (gráfica y no-gráfica) para definir el objeto del proyecto. Existen importantes intereses económicos y empresariales en etiquetar como software BIM todo aquel que represente visualizaciones en 3D o contenga algo de información adicional que el usuario pueda manipular, con el fin de ocupar un espacio en el mercado potencial de compradores de aplicaciones BIM.

Las cualidades que toda aplicación de creación BIM debe cumplir son (Succar 2005b):

- Debe ser tridimensional.
- Debe estar basado en objetos (modelado sólido mediante tecnología orientada a objetos).
- Debe tener capacidad para contener información específica de cada disciplina de forma codificada, paramétrica, unívoca e inherente, más allá de una simple base de datos.
- Debe disponer de una red de relaciones y jerarquías entre los objetos (reglas y/o restricciones de relación).

- Debe describir una construcción de algún tipo.

Por tanto, todo software que no cumpla con estos principios, no podrá ser considerado de autoría BIM. Por tanto, quedan excluidos de esta definición los modeladores de superficies (como SketchUp®), los modeladores basados en entidades (como 3D AutoCAD®) o modeladores geométricos (como AutoCAD®). En la Figura 5 se recogen algunos ejemplos de este software no-BIM.

Por supuesto, las compañías que sí fabrican software BIM intentan copar el mercado mediante la adición de características nuevas a sus programas que los

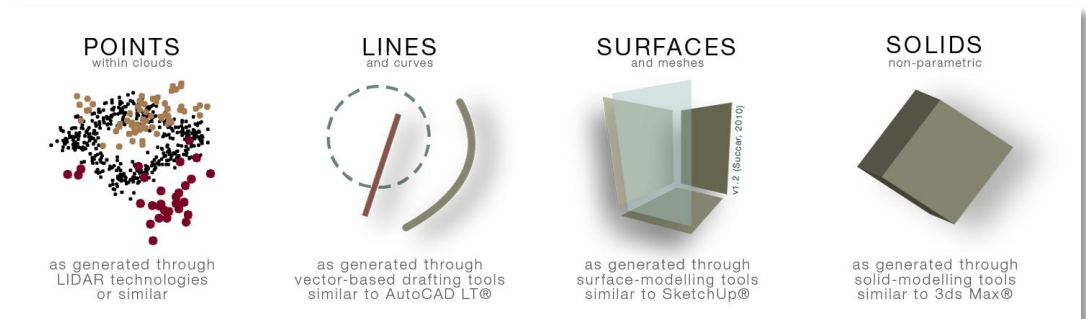


Figura 5. Modeladores no-BIM. 2015. BIM ThinkSpace

hagan más atractivos para el potencial cliente. Esas nuevas funcionalidades que añaden no suelen ser compatibles con el protocolo de intercambio de información IFC, por lo que solo se puede obtener el beneficio de su uso dentro de la aplicación/aplicaciones compatibles. A pesar de ello, todas las citadas a continuación (lista no exhaustiva) permiten la interoperabilidad de la información básica mediante el protocolo IFC, son totalmente paramétricas y capaces de dar como resultado un prototipo de fabricación digital (esta característica se refiere a modeladores 3D BIM).

- 3D BIM: Revit™ de Autodesk®; ArchiCAD de Graphisoft.
- S-BIM¹⁰⁰ (3D BIM Estructural): Revit Structure (Autodesk), Tekla Structural Designer™ (Trimble®).
- MEP (3D BIM Instalaciones): Revit MEP (Autodesk).

¹⁰⁰ Hay otros programas de software que interoperan con aplicaciones BIM mediante plug-ins pudiendo tratar la información paramétrica, pero se han omitido del listado no exhaustivo al no ser modeladores BIM de información aunque tengan capacidad para trabajar con la misma.

- Gestión y control de calidad del Modelo de Coordinación: Navisworks™ (Autodesk); Tekla BIMsight™ (Trimble®); Solibri®; Vico Office Constructability Manager (Vico Software).
- Visores gratuitos de modelos BIM: Navisworks, Tekla BIMsight; BIMvision®.
- 4D BIM: Navisworks (Autodesk); Vico Office 4D (Vico Software); Synchro Pro®.
- 5D BIM¹⁰¹: Vico Cost Planner y Explorer (Vico Software).
- 6D BIM: Ecodesigner™ (Graphisoft); Autodesk Building Energy Performance Package (Autodesk).
- 7D BIM: Archibus™; EcoDomus®.

La evolución del mercado de software BIM muestra una clara tendencia (iniciada por Autodesk hace unos años) de ofertar licencias gratuitas a los estudiantes AEC, en busca de potenciales usuarios y clientes cuando accedan al mercado profesional. Casi todas las compañías de software ofrecen ahora sus últimas versiones, tan operativas como las comerciales, pero bajo licencia educativa. Por tanto, el acceso de los estudiantes a la tecnología BIM está plenamente garantizado sin coste para ellos.

6.1.2. La gestión de la información

La disciplina de gestión del conocimiento establece cinco niveles de competencia en el uso de *información* por una organización o personas (Succar 2005c, Gauchi Risso 2012, Fuentes Giner 2014):

- **Datos:** La colección de aquello que se observa y puede ser recogido y computado.
- **Información:** El siguiente nivel toma los datos y establece relaciones entre ellos o los ubica en un contexto que reporta mayor grado de información de la que los propios datos contienen en sí mismos.
- **Conocimiento:** Establece objetivos para la información. El conocimiento es la expresión de la regularidad: de los datos se obtiene información y de la información tangible, explícita y transmitida, una organización o persona es capaz de desarrollar un trabajo. Conocimiento es lo que se sabe hacer con la información de que se dispone.

¹⁰¹ Igual que nota anterior.

- **Interpretación/Entendimiento:** Supone la transmisión y explicación de un fenómeno en su contexto. Entendimiento es el conocimiento elevado a un nivel en el que la organización o la persona es capaz de enseñarlo, de transmitirlo de forma eficaz y significativa.
- **Sabiduría:** La acción basada en el entendimiento de un fenómeno a través de distintos dominios, contextos y disciplinas. Es el más alto nivel de capacidad de gestión de información al que se puede llegar: se colectan datos, se elabora información con ellos, esta información nos permite adquirir el conocimiento necesario para realizar una función, el análisis y madurez de nuestro conocimiento nos permite interpretarlo y entenderlo en su contexto y disciplina y llegamos a la sabiduría cuando somos capaces de analizar y obtener conclusiones de nuestra interpretación integrando distintas áreas de conocimiento y contextos.

Según la Taxonomía de Bloom que vemos en la Figura 6 (Anderson, Krathwohl 2001, ANECA 2013), el proceso de aprendizaje de un estudiante AEC debe seguir una determinada secuencia de gestión de ese conocimiento que va adquiriendo a lo largo de un determinado periodo aprendizaje. Esa secuencia coincide exactamente con la que establece Succar (2005c).



Figura 6. Dirección ideal del pensamiento según la Taxonomía de Bloom. 2013. ANECA.

Primero recibe datos de distintas materias, pero no tiene capacidad aún para elaborar conexiones entre ellas. Cuando conecta información mediante la aplicación práctica, establece las relaciones y madura en su proceso de aprendizaje y conocimiento. La capacidad para transmitir su conocimiento a iguales y plasmarlo en documentación, trabajos, presentaciones orales, etc. establece su nivel de entendimiento de la materia. Y alcanza la sabiduría cuando integra todo su conocimiento y entendimiento ligado entre disciplinas y diferentes contextos, siendo capaz de analizar y obtener conclusiones de dicha integración.

Puesto que BIM sigue este mismo patrón de aprendizaje y capacidad para la gestión de la información, trabajando tanto de forma autónoma como colaborativa, su uso como vehículo para la construcción de conocimiento acompañando el aprendizaje de las distintas disciplinas y materias AEC, permitirá al estudiante realizar mucho más temprano la conexión entre datos, sus relaciones y restricciones, su capacidad para aplicarlo a través del uso de la tecnología y su potencial para integrar disciplinas, obteniendo la visión global de un fenómeno o situación y pudiendo aplicar criterios fundamentados en distintos ámbitos para su solución (Figura 7).

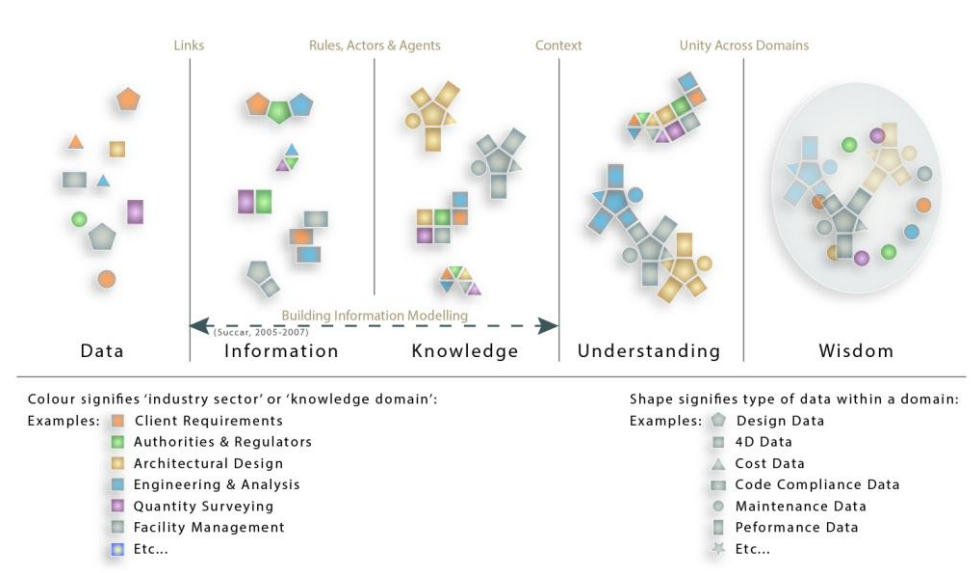


Figura 7. La construcción de conocimiento en la esfera BIM. 2005. BIM ThinkSpace.

6.1.3. El marco de desarrollo del aprendizaje de la metodología BIM

Si convenimos que la aproximación a BIM se realiza desde el atractivo de su tecnología y que a través del uso de la misma construimos conocimiento y capacidad de integración de disciplinas en el estudiante AEC, el siguiente paso en su crecimiento consistirá en dotarlo de las herramientas para el desarrollo de su actividad en un entorno de trabajo BIM. Sin embargo, la construcción del conocimiento, a medida que avanza en el dominio de la tecnología, los procesos, necesita de un marco conceptual de referencia. Un lugar donde su saber y saber hacer conformen la estructura jerárquica del entendimiento de BIM como

disciplina. La conceptualización de BIM como disciplina se estructurará en el siguiente marco de referencia (Figura 8).

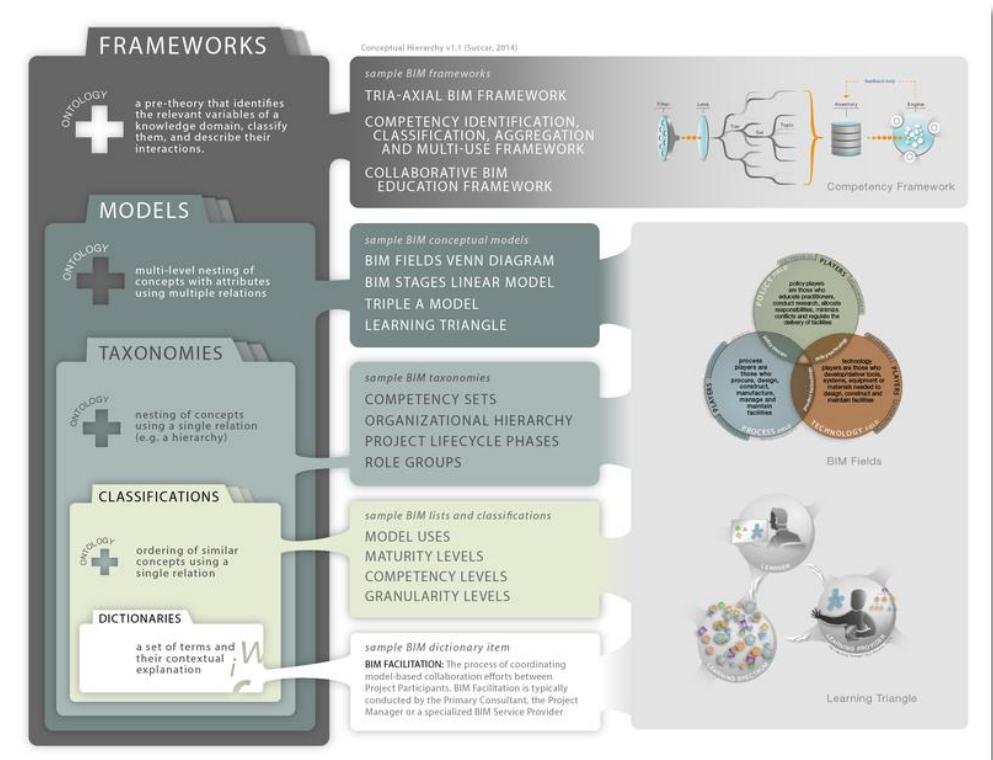


Figura 8. Jerarquía conceptual de BIM. 2014. BIM Framework.

Este marco de referencia de BIM está formado por distintas construcciones conceptuales interrelacionadas entre sí: modelos, taxonomías, clasificaciones y diccionarios que el estudiante irá conformando a medida que avance en su aprendizaje. Una ontología conceptual común conecta todas las construcciones conceptuales y hace explícita las relaciones entre ellas. La descripción genérica de las mismas sería (Succar 2014b):

- **Marco (Framework):** Representa la forma, estructura o morfología de un campo de conocimiento y los vínculos entre campos de conocimiento aparentemente dispares o subdisciplinas.
- **Modelos (Models):** Los modelos conceptuales son representaciones simplificadas y abstracciones “de la enorme riqueza de este mundo”.

- **Taxonomías (Taxonomies):** Consiste en una organización eficaz y eficiente del conocimiento, para su consolidación. Una taxonomía bien jerarquizada asegura la agrupación significativa de la experiencia.
- **Clasificaciones (Classifications):** Son la agrupación significativa de la experiencia en sí misma, y son la base de cualquier conocimiento científico y técnico. Se trata de las construcciones conceptuales que generamos durante las fases de descubrimiento, análisis y teorización de lo aprendido.
- **Diccionarios (Dictionaries):** El cuerpo del significado, conectan términos entre sí y con otras bases de conocimiento.

Siguiendo con la disertación que Bilal Succar ha realizado a lo largo de su tesis doctoral, distintos artículos científicos y sus blogs de divulgación científica sobre BIM, nos detenemos ahora en la taxonomía que propone para la construcción del conocimiento y su contenido BIM (Succar 2014a). En ella identifica tres clústeres contenedores de conocimiento (guías, protocolos y mandatos) que a su vez se subdividen en etiquetas de contenido del conocimiento (Figura 9).

Estos clústeres responden al principio de la gestión del conocimiento por la que todo saber que no se transmite por una vía explícita (por escrito, de forma oral, gráfica, numérica...) no se puede convertir en conocimiento colectivo o individual. Por tanto, esta taxonomía estructura jerárquicamente el saber y nivel de madurez del individuo u organización, que queda reflejado fehacientemente en la documentación que genere y con la que se dote para su funcionamiento y entendimiento (Gauchi Risso 2012).

La definición de cada clúster es:

- **Guías (Guides):** Documentos que son descriptivos y opcionales. Sirven para clarificar los objetivos, informar sobre encuestas/logros o simplificar temas complejos.
- **Protocolos (Protocols):** Documentos que son preceptivos y opcionales. Los protocolos proveen el detalle de los pasos a seguir o condiciones que se han de dar para alcanzar los objetivos o un resultado medible. Su condición de preceptivos pero opcionales se mantendrá mientras no exista un mandato.
- **Mandato (Mandate):** Documentos preceptivos y ordenados por una autoridad. Los mandatos identifican qué se debe conseguir, cómo, cuándo y por quién.

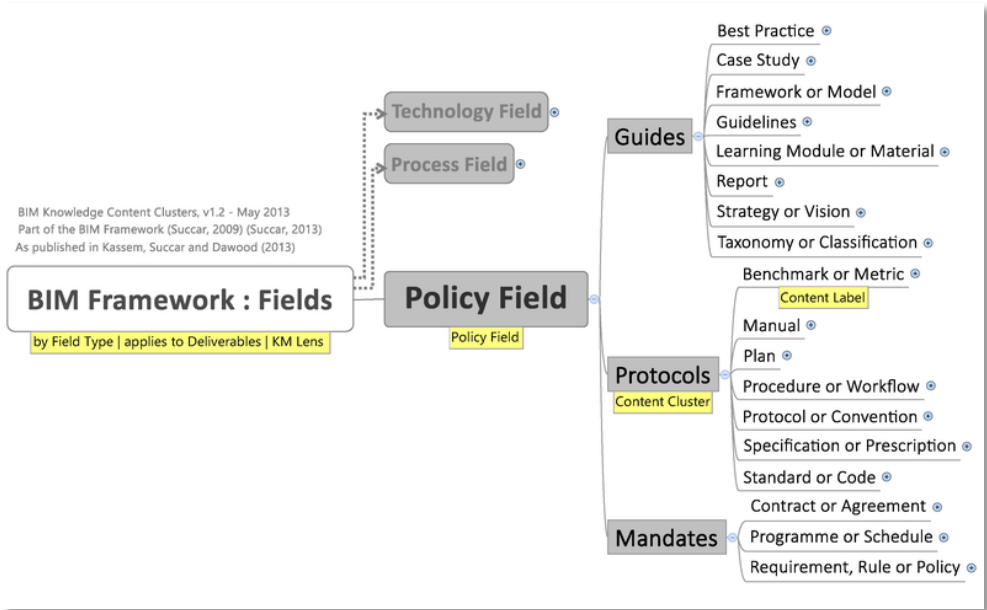


Figura 9. La metodología BIM (Policy Field) y su taxonomía dentro del marco conceptual BIM. 2014. BIM Framework.

Por su interés para los objetivos de esta tesis, reproducimos en la Tabla 10 la taxonomía que propone para cada clúster con el tipo de documentación en la que quedaría plasmada y etiquetada cada área de conocimiento de la metodología BIM:

Contenido CLÚSTER	Etiqueta CÓDIGO	Contenido ETIQUETA	Etiqueta DEFINICIÓN ESPECÍFICA BIM
Guías	G1	Buenas Prácticas	Métodos operativos provenientes de la experiencia; promovidos como ventaja; y replicables por otras personas, organizaciones o equipos de trabajo. Esta etiqueta es aplicable a publicaciones que listan recomendaciones detalladas y sin ambigüedad y, que si son seguidas, generan resultados ventajosos similares.
	G2	Estudio de Casos	Resumen y análisis (descriptivo o explicativo) de proyectos y esfuerzos organizacionales. Esta etiqueta es de aplicación a publicaciones de investigación o la industria, donde se comparten lecciones aprendidas por otros y cubre los <i>entregables</i> en BIM, flujos de trabajo, requisitos, desafíos y oportunidades.

Contenido CLÚSTER	Etiqueta CÓDIGO	Contenido ETIQUETA	Etiqueta DEFINICIÓN ESPECÍFICA BIM
	G3	Marco o Modelo	Estructuras teóricas que explican o simplifican aspectos complejos de BIM mediante la identificación significativa de conceptos y las relaciones entre ellos.
	G4	Directriz	Compilación de contenido diverso sobre BIM con el propósito de ofrecer una guía de seguimiento a personas, equipos y organizaciones. Las guías suelen centrarse en conceptos fundamentales de la base de conocimiento de BIM, mientras que los manuales (su etiqueta complementaria) se centran en las competencias principales para el desarrollo BIM.
	G5	Módulo de Aprendizaje o Material de Aprendizaje	Todo tipo de documentación que permite la adquisición de conocimientos y su puesta en práctica sobre BIM, y que pueden ser utilizados por el ámbito académico, formativo o las organizaciones.
	G6	Informe	Compilación o resumen de los resultados de una evaluación, cálculo o revisión de procesos.
	G7	Estrategia o Visión	Expresión de la visión, misión y objetivos a largo plazo. Referido a las publicaciones que establecen estos puntos pero no identifican los recursos necesarios para alcanzarlos ni los pasos a dar para ello.
	G8	Taxonomía o Clasificación	Clasificación que contempla los roles, tipos, niveles, elementos y cualquier otro conjunto de conceptos estructurados. Esta etiqueta se aplicaría a publicaciones que contengan listas estructuradas para un uso claro y adecuado en evaluaciones, aprendizaje o implantación.
Protocolos	P1	Métrica o <i>Benchmark</i>	Las herramientas y los criterios adecuados para establecer los niveles de rendimiento de sistemas, proyectos, personas, equipos u organizaciones. Esta etiqueta corresponde a publicaciones que contengan herramientas específicas y/o métricas o indicadores para establecer y medir la usabilidad, provecho, productividad, competencia, capacidad o similar.

Contenido CLÚSTER	Etiqueta CÓDIGO	Contenido ETIQUETA	Etiqueta DEFINICIÓN ESPECÍFICA BIM
	P2	Manual	Un documento estructurado que pretende clarificar los pasos necesarios para realizar una actividad medible o entregar un resultado medible. Los manuales normalmente se centran en la adquisición de competencias o habilidades fundamentales. Dada la naturaleza de esta etiqueta, no se debería utilizar de forma individual, sin en compañía de otras etiquetas.
	P3	Plan	Documento que describa las actividades a realizar, los recursos a utilizar y los hitos que se deben alcanzar en el plazo establecido. Debe armonizar el funcionamiento del equipo/organización para alcanzar los objetivos propuestos.
	P4	Procedimiento o Flujo de Trabajo	Información estructurada que cubre los sucesivos pasos necesarios para completar una operación o requisito. Un procedimiento bien documentado debe incluir todas las pautas (por pequeñas que sean) para completar una actividad y obtener el resultado esperado. Un flujo de trabajo identifica las principales actividades que sucesivamente se llevarán a cabo, con los puntos de toma de decisión y el camino para alcanzar un hito o completar un proyecto u objetivo de la organización.
	P5	Protocolo o Convención	Convenio o método habitual para el desarrollo y entrega de un producto o servicio que no está establecido en el contrato regulador.
	P6	Especificación o Prescripción	Conjunto de criterios usados para definir o evaluar la calidad de los productos y servicios. Las especificaciones pueden o no ser un estándar normativo.
	P7	Estándar o Código	Conjunto detallado de descripciones de un producto/servicio que actúan como referencia contra la que medir o evaluar. Esta etiqueta habitualmente denota que el conjunto de especificaciones es obligatorio, proveniente de una autoridad competente y comprobada su función y resultado.
Mandatos	M1	Contrato o Convenio	Documento legal entre las partes.
	M2	Programa o Planificación	El documento que asocia una o más clasificaciones al tiempo y al espacio.

Contenido CLÚSTER	Etiqueta CÓDIGO	Contenido ETIQUETA	Etiqueta DEFINICIÓN ESPECÍFICA BIM
	M3	Requisitos, Reglas o Política	Especificaciones o cualificaciones establecidas por los clientes, las autoridades competentes o similares.

Figura 10. Tabla de la taxonomía de la metodología BIM. 2014. BIM Framework.

Queda patente con este análisis conceptual que BIM reúne como metodología de trabajo para la gestión de datos, información y procesos de los proyectos de construcción, todas las características necesarias para considerarlo en sí mismo una **disciplina académica integrable** en los planes de estudio de los grados AEC, esto es, conocimiento propio cuyo aprendizaje requiere la misma secuencia que cualquier otra materia, tecnología que hará posible tanto el aprendizaje como los procesos, y método. Y todo ello estructurado para definir los objetivos a alcanzar, afinar en la consecución de los mismos, evaluar los resultados en base a esa estructura, y repetir o corregir el proceso cuantas veces se desee.

6.2. La estructura del aprendizaje de BIM

Con esta base de conocimiento ya estipulada, llega el momento de trasladarla al ámbito de la educación y formación en BIM, con el fin de definir las competencias y la medición de su adquisición.

La base del proceso de aprendizaje de BIM siempre se centrará en las interacciones que se producen entre el estudiante, el profesorado y el ámbito de conocimientos de la materia.

Para estructurar este proceso, definir los objetivos de aprendizaje y las competencias a desarrollar, tomaremos como referente el marco de Australia.

Aunque en los siguientes capítulos, para el estudio del estado del arte de BIM, usaremos como referentes principales los países europeos, el caso australiano es destacable y significativo por su intento de ordenar y consensuar todo el ámbito de la formación BIM desde el punto de vista teórico, de disciplina académica. No se puede continuar un análisis de BIM como disciplina, que va dirigido al diseño de una propuesta para su integración en los planes de estudio españoles de los grados AEC, sin conocerlo y sin tenerlo en cuenta.

Cuestión aparte será su posible, completa o parcial aplicabilidad a las circunstancias europeas y concretamente a las españolas. Sobre todo a las circunstancias económicas, legales, y a las que tienen que ver con el nivel de madurez BIM de las instituciones responsables de la educación superior. Pero, efectivamente, eso forma parte del estado del arte que se verá en capítulos posteriores.

La Comisión BIM creada en Australia, compuesta por representantes de la industria de la construcción y miembros de la parte académica AEC, elaboró el Marco para la Educación Colaborativa (*Collaborative Education Framework*) en 2012 (Figura 11).

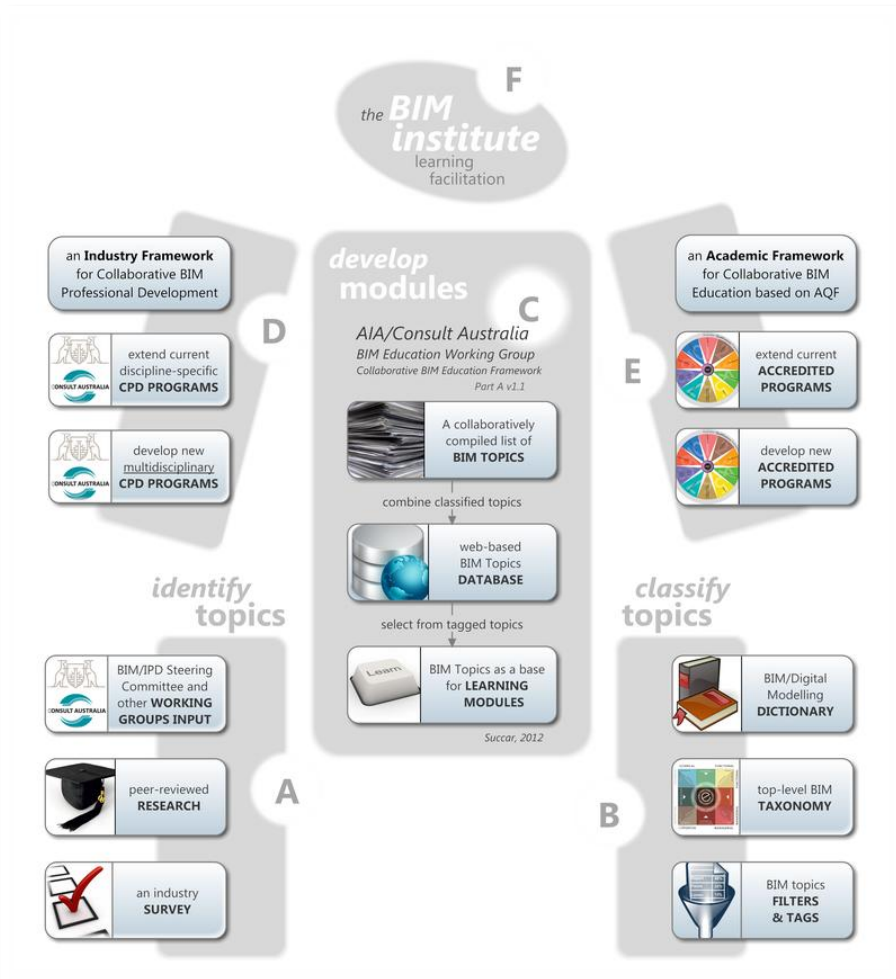


Figura 11. Esquema del Marco para la Educación Colaborativa elaborado en Australia por su Comisión BIM. 2014. BIM Framework.

En él se contemplan seis componentes principales y complementarios entre sí para la definición del mismo:

- **Componente A. Identificación de las competencias:** Las competencias a adquirir por los estudiantes AEC deben ser definidas mediante encuestas realizadas a la industria del sector, resultados de investigación y el conocimiento especializado y experiencia de asociaciones profesionales o profesionales a título individual.
- **Componente B. Clasificación de las competencias BIM:** Las competencias BIM deberán ser convenientemente definidas en un Diccionario BIM que aclare términos y acrónimos, con la sintaxis apropiada para definir y estructurar estas competencias y una jerarquización de las mismas en niveles, conjuntos y áreas de conocimiento. Así mismo deben estar clasificadas por disciplinas, nivel de dificultad, formas de evaluación, etc. para que puedan ser evaluadas en función de los requisitos que se le van a solicitar al alumno.
- **Componente C. Encaje de las competencias y desarrollo del aprendizaje BIM en los programas de estudio:** En el caso de Australia se encarga una investigación para establecer la mejora de las competencias de personas, organizaciones y equipos de trabajo y su encaje dentro de las competencias de los estudios AEC.
- **Componente D. El desarrollo profesional dentro de la industria de la construcción:** Se establece un marco de colaboración entre las distintas asociaciones profesionales, empresariales y la academia para el desarrollo profesional continuo de las personas a través de las distintas disciplinas, especialidades y ámbitos empresariales.
- **Componente E. La creación del marco académico para la formación en BIM:** Un marco común donde se adopten y adapten las instituciones académicas y formativas a una base general de conocimiento BIM.
- **Componente F. El Instituto BIM:** La creación de un organismo regulador y supervisor que organice y clasifique la base del conocimiento de BIM, formado por representantes de todo el sector de la construcción, y que genere más conocimiento y potencie la innovación, investigación y desarrollo basado en las posibilidades que BIM ofrece a la industria.

Si en uno de los países en los que la investigación sobre aprendizaje de BIM lleva más recorrido, la estructuración del marco de aprendizaje es considerada por la Comisión BIM como algo fundamental, entonces debería ser tomada como

referencia. En lo que a esta tesis se refiere, consideramos de especial interés lo concerniente al Componente B, esto es, lo referente a crear un marco académico que sirva de guía a las instituciones de educación superior que han de responder a la demanda de técnicos formados en BIM.

Y una vez en ese marco definir Guías, Protocolos y Mandatos que, por una parte articulen el diseño de los planes de estudio, y por otra, contribuyan a minimizar los efectos de algo que va a resultar el mayor hándicap al que se enfrentarán esas instituciones: la falta de motivación y de formación BIM de sus propios integrantes, los docentes.

Competencias y evaluación del aprendizaje

Bilal Succar también participó en el diseño del flujo de adquisición de competencias BIM individuales (Figura 12) y su uso para su integración en programas formativos o estrategias de equipos de proyecto u organizaciones.

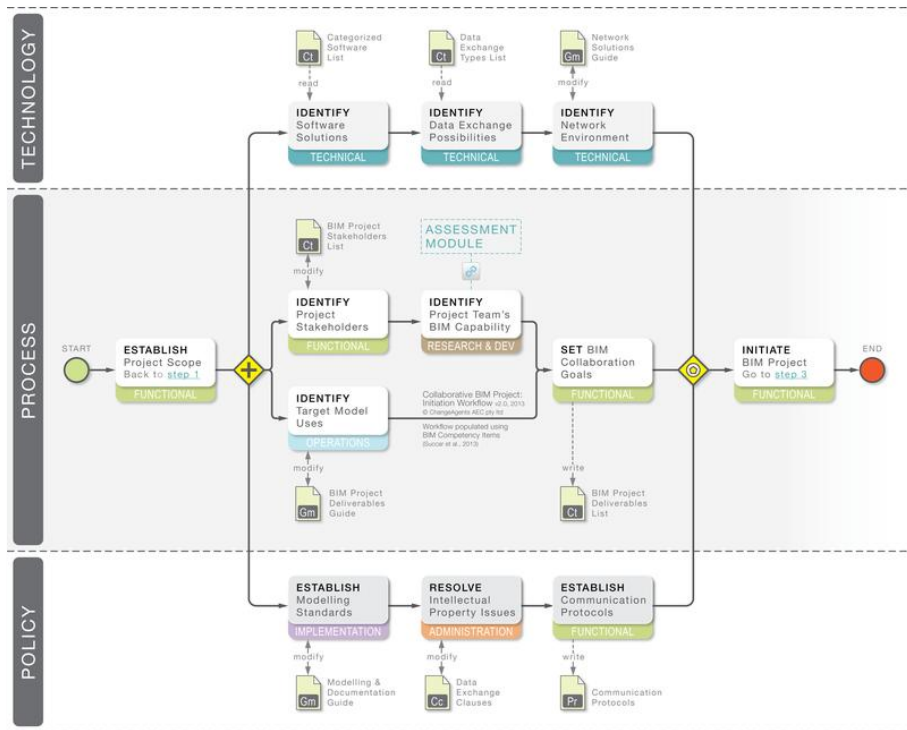


Figura 12. Flujo de adquisición de competencias BIM en los tres ámbitos: tecnología, procesos y metodología. 2014. BIM Framework.

Cualquiera de estas competencias se formulará, trabajará y evaluará según el modelo de la Triple A (adquirir –*acquire*–, aplicar –*apply*– y evaluar –*assess*–) que engloba la definición de todas las competencias BIM (Figura 13)

Estas competencias tendrán distinto ámbito de desarrollo y medición:

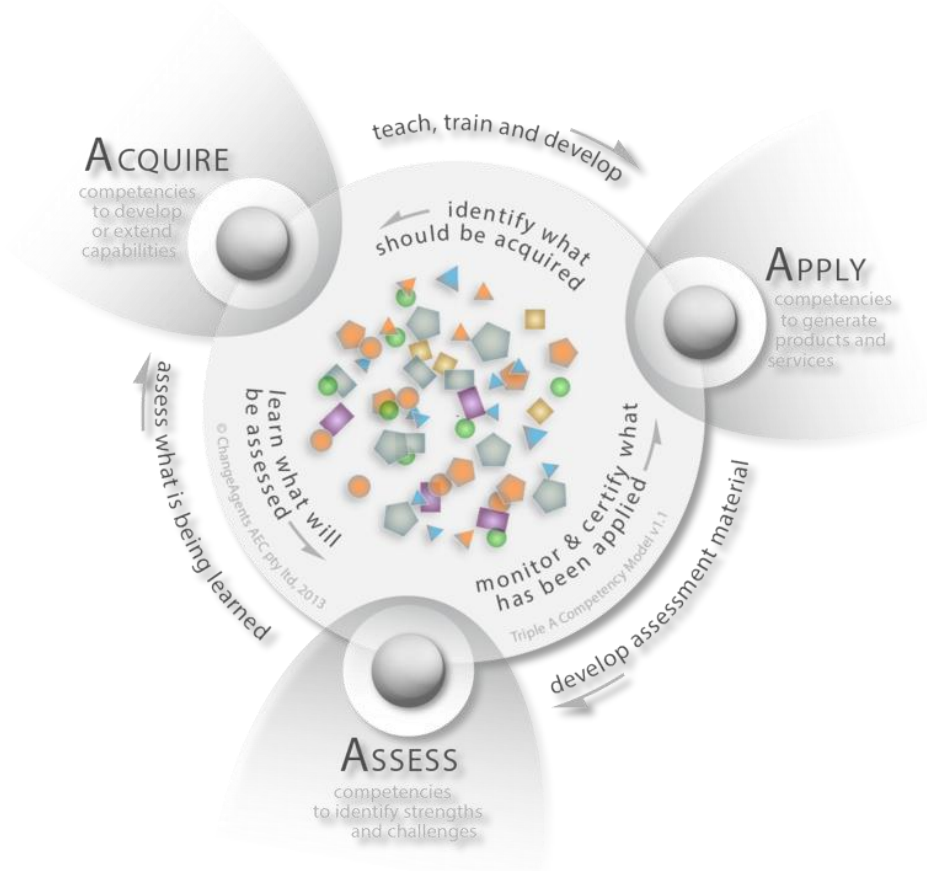


Figura 13. Modelo de la Triple A (en inglés) para la definición, aplicación y evaluación de las competencias BIM. 2014. BIM Framework.

- **Individual:** Se establecerán unidades de medida para evaluar la habilidad personal para realizar una determinada actividad que produzca un resultado objetivo.
- **Grupales:** será la suma aritmética de las competencias individuales de las personas que compongan el grupo. Su medición no podrá reflejar la eficiencia ganada o perdida como resultado de la agregación.

- **Organizacionales:** la unidad de medida para las capacidades de una organización y sus distintos departamentos, cadena de suministros, etc.
- **Equipo:** es la medición de las habilidades combinadas de los miembros de un equipo, en contraposición de las competencias grupales, las competencias del equipo sí que reflejan la eficiencia ganada o perdida en el desarrollo de rutinas y dinámicas de trabajo. Se subdividen a su vez en tres unidades de medición:
 - La competencia del equipo de trabajo se aplica al propósito de los individuos que trabajan juntos para la entrega de un proyecto/resultado dentro de una organización.
 - La competencia de un equipo de proyecto se aplicará a los individuos que trabajan juntos para la entrega de un proyecto/resultado desde dos o más organizaciones diferentes.
 - La competencia de un equipo organizacional, cuando dos o más organizaciones se alían para trabajar juntas para la entrega de un proyecto/resultado común.

Para la medición de las competencias adquiridas, Succar propone una Índice de Madurez BIM (Figura 14), donde se establecen cinco niveles que miden (1) la mejora en el control de los procesos minimizando las variaciones entre los resultados esperados y los obtenidos; (2) la mejora de la predicción y previsión por una reducción de la variabilidad en la aplicación de la competencia y (3) la mayor efectividad en alcanzar los objetivos marcados y establecer unos nuevos más ambiciosos:

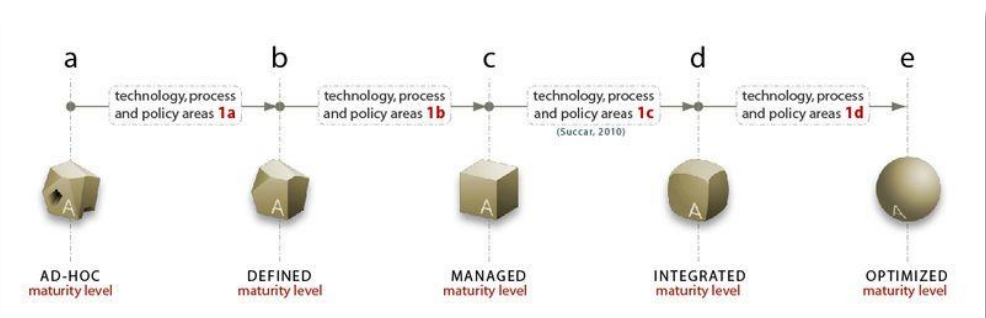


Figura 14. Índice de los Niveles de Madurez Competencial BIM. 2013. BIM Framework.

- a. Inicial (Ad-hoc): el nivel más bajo de madurez BIM, cuando se empieza a trabajar las competencias.

- b. Definido: nivel bajo-medio de madurez
- c. Gestionado: nivel medio de madurez
- d. Integrado: nivel alto de madurez
- e. Optimizado: el más alto nivel de madurez

6.3. La aproximación al aprendizaje de BIM

Nuestra experiencia personal como docentes nos ha permitido tener una visión general de lo que supone el acercamiento de los alumnos a BIM y la diferencia que existe cuando estos alumnos en realidad son ya técnicos titulados en proceso de “reciclaje”. Tras el análisis que hemos visto en el apartado anterior, fundamentado en estudios a lo largo de años y en las experiencias de profesionales AEC y académicos con un nivel de madurez BIM superior a la media que tenemos en nuestro país, es bueno conocer cómo se enfrentan a ello nuestros alumnos.

Sea como sea, partimos de la premisa incuestionable de que aprender BIM no es aprender el uso de software. Como hemos visto en el capítulo anterior, el dominio de BIM requiere de formación en la metodología, en sus procesos y, también, en la tecnología que lo posibilita.

La adopción de BIM como metodología de trabajo requiere dar un salto más allá de obtener una representación tridimensional del objeto del proyecto para empezar a utilizar todo su potencial y posibilidades.

BIM exige, cuando realmente lo integramos en nuestro trabajo, un cambio radical de nuestra mentalidad, de la forma tradicional en que gestionamos el proceso proyecto-construcción y el ciclo de vida del proyecto. No consiste en limitarnos a plasmar nuestra parte del trabajo en un modelo y ya está. Exige trabajar de forma colaborativa y consensuada con el resto de agentes. No consiste en compartir generosamente nuestra información en el modelo. Exige que esa información esté estructurada y tratada de manera que el resto pueda hacer uso de ella, siguiendo las reglas que se hayan dado en el BEP. Y, desde luego, no es generosidad, es compromiso con la eficacia y eficiencia del proceso y con nuestro cliente.

Si BIM nos exige ese cambio de mentalidad, de hábitos, de la forma en que nos relacionamos con el resto de los agentes participantes en el proceso constructivo, de la forma en que presentamos y ponemos a disposición nuestro trabajo y saber

hacer profesional, y, además, nos obliga a aprender a usar una nueva tecnología que nada tiene que ver con la que hasta ahora utilizábamos, incluso debiendo actualizar nuestra infraestructura informática, etc., no es de extrañar que exista resistencia a ese cambio o que (ante el desconocimiento de la materia) se considere popularmente como una simple evolución natural del CAD 2D al 3D.

“El encontrarse en una situación de comodidad y en cierto modo estar anclado en nuestra zona de confort, no es un aspecto positivo a la hora de evolucionar. Esto resulta un hecho imprescindible en la profesión de arquitecto técnico, y con mayor razón después del reajuste en “el saber hacer” de esta profesión ocasionado por la crisis:

“Yo inicialmente tengo que reconocer que estaba como los antiguos arquitectos cuando se presentó CAD, que no querían salir del Rotring, pues yo estaba igual, yo al principio estaba igual. Venía el BIM y decía: yo ya he aprendido CAD, me quedo con CAD y de ahí no salgo” (Entrevista 7).” (Gil Gil 2015)¹⁰²

Es cierto que la aproximación a BIM siempre se realiza desde la tecnología. Hay curiosidad (y necesidad, cuando existe bagaje de experiencia profesional) de comprobar si, efectivamente, esa tecnología nos permite resolver los problemas de que adolece la gestión tradicional de proyectos. El hecho de que el modelo se presente en formato 3D es un aliciente más, un gran característica del software BIM, que alimenta el deseo del recién iniciado en seguir avanzando en el aprendizaje y ver cómo su modelo se va definiendo, creciendo y llenando de información.

6.3.1. El proceso de aprendizaje de BIM de un profesional AEC

El profesional AEC, en su primera aproximación al aprendizaje de BIM, espera aprender cómo volcar y plasmar todo su conocimiento del proceso proyecto-construcción en el modelo BIM. Al mismo tiempo, espera comprobar en qué grado y medida, efectivamente, BIM puede mejorar su forma de trabajo

¹⁰² Este un extracto del PFG de Gil-Gil en 2015. Se trata de un Trabajo Final de Grado de la ETSIE de la UPV que surgió a raíz de esta tesis y como parte de ella. Consiste en un análisis cualitativo a partir de entrevistas en profundidad realizadas a un grupo muy concreto del colectivo de los arquitectos técnicos. Fue co-tutorizado por la Dra. Elena Navarro-Ástor y por quien escribe. El objetivo principal de esta investigación era conocer y evaluar el papel que la adopción de la metodología BIM ha jugado en la vida profesional del colectivo de los arquitectos técnicos que se han visto seriamente afectados por la crisis del sector de la construcción.

habitual. Y mantiene de forma sostenida expectación y escepticismo mientras progresa en el aprendizaje. Cuando alcanza el balance entre la constatación de que BIM abarca todo su campo de actividad y conocimiento y, al mismo tiempo, facilita su saber hacer y optimiza sus procedimientos de trabajo, interés y reservas dejan de ser convergentes y se dirigen en direcciones diferentes. La expectación se traduce en curiosidad e interés por conocer más en profundidad el modelo de trabajo BIM y empezar a valorar la posibilidad de implementarlo en su actividad profesional.

En esa línea se manifestaron los técnicos que se entrevistaron para el PFG citado en el punto anterior. Como se explicaba, todos ellos son arquitectos técnicos que, además de haber visto gravemente afectada su vida profesional por la crisis, tienen en común que casi todos ellos entraron en contacto con BIM cuando realizaron su Curso de Adaptación al Grado en Ingeniería de Edificación de la ETSIE de la UPV.

“Una impresión bastante común sobre el uso de la metodología BIM es la excelente aplicación de esta metodología a las tareas que se desempeñan directamente en la obra. Es decir, “el feedback” existente entre la información estrictamente técnica y de diseño con su aplicación práctica, siendo así esta tecnología muy resolutiva en obra:

“Entonces al ver la capacidad que tiene de gestión este tipo de metodología y que aún tanto los procesos gráficos, como las personas, como los procesos de gestión, pues vi que realmente era la herramienta que se iba a imponer sí o sí. Y es que yo creo, que el que ha trabajado en una empresa constructora grande, con los sufrimientos que se tiene para poder integrar todas esas cosas, se tiene que dar cuenta” (Entrevista 4).” (Gil Gil 2015)

En ese punto las reservas iniciales o incluso el escepticismo se dirige a su percepción de la dificultad que supondrá el que todo su entorno profesional adopte su mismo modelo de trabajo. Si finalmente toma la decisión de iniciar el proceso de implementación, trabajar dentro de un entorno BIM será percibido por él como un valor añadido y diferenciador frente a la competencia en su sector que, además, puede abrirle otras oportunidades de negocio y desarrollo profesional diferentes.

“Entonces vi claramente que no era un concepto meramente técnico, sino que era un concepto económico y de ventaja

competitiva. (...) Y a nivel de cosas prácticas o cosas que he hecho, pues sí que he visto que se trabaja mucho más eficientemente y con mucha más fiabilidad que con entornos normales. (Entrevista 4)". (Gil Gil 2015)

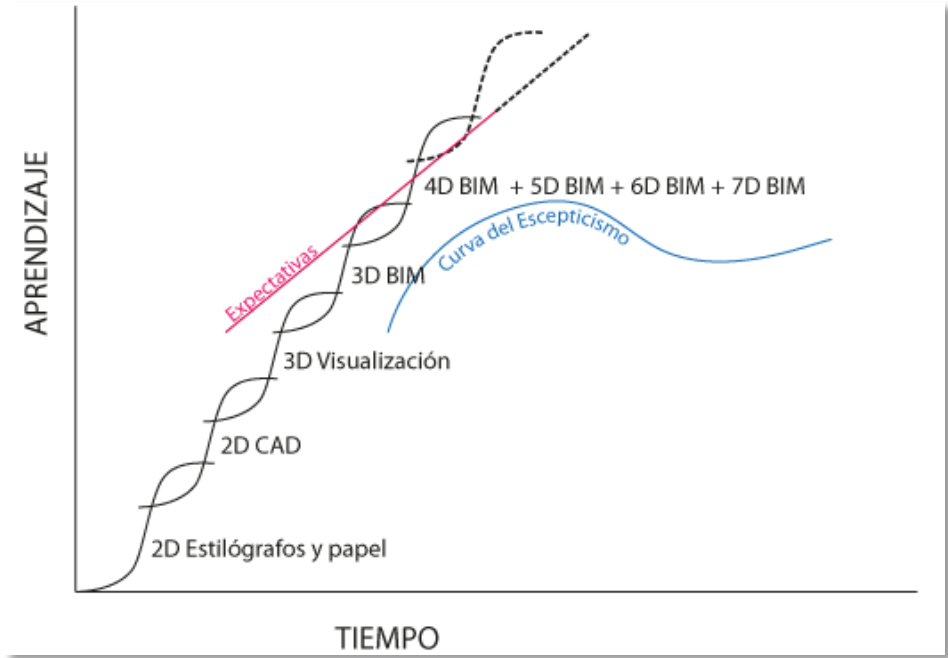


Figura 15. Sucesión de curvas sigmoideas del aprendizaje de BIM del profesional AEC. 2015. Deutsch, 2011 con modificaciones de la autora.

Pero describamos el proceso que le lleva hasta ahí (Figura 15). El objetivo inicial del aprendizaje en BIM de un profesional AEC siempre busca la autosuficiencia competencial en su ámbito de actividad: ser capaz de desarrollar la documentación de proyecto en BIM, desde la concepción inicial hasta la producción de la documentación ejecutiva con la que se licitará y construirá el proyecto.

Cuando inicia su aprendizaje de BIM, acostumbra a hacerlo a través de las herramientas de creación del modelo arquitectónico, con el conocimiento del entorno e interfaz del software y desarrollando un modelo en el nivel de definición de la información más bajo, LOD 100. Inmediatamente intuye que esos muros, forjados, particiones interiores, etc. genéricos, sin capas ni materiales, pronto podrá asignarles más información, descomponerlos en sus distintos materiales y trabajar con cada uno de ellos de forma independiente o con el conjunto de la solución constructiva.

El profesional AEC, tras la adquisición y puesta en práctica de los conocimientos necesarios en el uso del modelo arquitectónico para obtener la documentación ejecutiva de un proyecto (sin la participación del modelo BIM de estructuras o instalaciones), acostumbra a optar por profundizar en el dominio de los procesos de producción de proyectos en entorno BIM. Es su nuevo objetivo en busca de su madurez en BIM. No solo se pretende la autosuficiencia en la creación y gestión del modelo arquitectónico, sino que ahora se busca la optimización y sistematización del proceso. Una vez que se siente capacitado para desarrollar el modelo arquitectónico con garantías y de sistematizar su trabajo, dependiendo de su ámbito de actuación profesional, el siguiente paso natural será decidir el aprendizaje de las especialidades posibles: 3D BIM estructural o de instalaciones, 4D BIM para la planificación y programación de obras, BIM 5D, etc. A medida que se va dominando la tecnología, comprobando sus posibilidades y la dimensión del esfuerzo a realizar, surge la evidencia de que abarcar todas las disciplinas, al igual que sucede en el método tradicional, es una tarea que requiere de una gran inversión de esfuerzo, tiempo y fundados conocimientos de todas las áreas de conocimiento que exige hoy en día abarcar un proyecto de construcción. Se hace evidente la necesidad de optar por la especialización en una de las disciplinas (arquitectura, estructuras, instalaciones –con sus respectivas submaterias-, control de calidad, programación, etc.), tener conocimientos generales básicos del resto y, sobre todo, empezar a formar un equipo de colaboradores que cubra todos los campos competenciales del proyecto.

Y en el momento en que se evidencia la necesidad del trabajo colaborativo, surge la de profundizar en el conocimiento sobre procesos, flujos de trabajo e información, optimización de los procedimientos y establecimiento de protocolos de cooperación. Es en este momento cuando términos como IFC, BEP, BIM manager, etc. toman más importancia que el dominio exhaustivo de las herramientas informáticas. Ya no se trata tanto de desarrollar el trabajo en entorno BIM, sino de hacerlo de forma óptima desde el inicio, en un entorno colaborativo, integrado, conociendo la utilidad y necesidad de la información que se incorporará al modelo y las posibilidades de sistematizar y automatizar todas aquellas funciones que se repiten dentro de un proyecto y de un proyecto al siguiente.

Cuando se domina la generación de proyectos ejecutivos entre los distintos profesionales AEC participantes, surge la oportunidad del salto a la fase de ejecución, con el involucramiento de la empresa constructora. Si esta aún no se ha iniciado en BIM, será el equipo de proyecto quien le vaya mostrando las

posibilidades que la gestión dentro de esta metodología de trabajo le podría ofrecer. Si la constructora ya trabaja en BIM, será cuestión de armonizar los procedimientos mediante un BEP para la fase de ejecución y comprobar efectivamente las posibilidades de mejora en la eficacia, eficiencia y competitividad de los procesos en entorno BIM.

Ese proceso de aprendizaje continuo y mejora de procedimientos culmina con la integración de la información del equipo de proyecto y la empresa constructora, con su cadena de suministro, en la entrega del modelo LOD 500 para la puesta en marcha del objeto del proyecto en su fase de explotación.

Si dentro de su actuación profesional acostumbra a hacerse cargo del mantenimiento de edificios (residencial y no residencial), disponer del modelo LOD 500 le permitirá de inmediato apreciar las ventajas de disponer de toda esa información a su disposición.

6.3.2. Lo que un profesional AEC debe des-aprender para aprender BIM

Es habitual leer y escuchar a supuestos especialistas y teóricos de BIM afirmando que esta metodología va a revolucionar el sector de la construcción y que exige un cambio de mentalidad y concepción de la industria, pero que luego solo hablan de tecnología y procesos. La tecnología y los procesos solo son la forma en que trabajamos. Y los avances tecnológicos que BIM aporta y propicia en otras áreas, nos ayudarán a ser más eficaces y eficientes en nuestro trabajo, pero no necesariamente cambian nuestra concepción del funcionamiento del sector de la construcción ¿Podríamos seguir con nuestra concepción tradicional del sector de la construcción y trabajar en entornos BIM como hasta ahora lo hemos hecho en entornos CAD? ¿Para trabajar en BIM hay que cambiar primero nuestra forma de entender el funcionamiento del sector? O mejor ¿en qué punto BIM conduce a un cambio de mentalidad?

Sin llegar a ser especialistas ni teóricos, sino un poco más que iniciados, es interesante la opinión que al respecto de este tema exponían los técnicos entrevistados en el trabajo al que estamos aludiendo en este capítulo:

“(...) un aspecto negativo fundamental es que trabajar de la forma correcta en BIM, exige de una metodología de trabajo y una implicación de todos los agentes de la edificación que aquí en

España, bueno en el mundo general, por mucho que nos quieren vender, pero aquí en España sobre todo, se ve muy complicada. (...) entonces puedes hacer un modelo pero si después otro cliente no lo va a saber gestionar, pues ya empieza mal la cosa. (Entrevista 5)” (Gil Gil 2015)

Y la respuesta es contundente: BIM no es solo tecnología, BIM no solo son procedimientos de trabajo o flujos de información. BIM trata de las personas. Tal y como afirmó Charles Hardy¹⁰³ en 2011: *BIM es un 10% tecnología y un 90% sociología.*

La prueba de ello es que en aquellas organizaciones en las que el intento de implementación de BIM ha fracasado (en algunos casos, estrepitosamente) no se debió a carencias en el software BIM o en las infraestructuras necesarias, no se debió al mal diseño del manual BIM de trabajo. No. El fallo, en la casi totalidad de estas experiencias, se debe a que la gestión del cambio del plan de implementación se centró en la tecnología y procesos y olvidó a las personas que debían asumirlo y hacerlo posible.

Las personas, con su escala de valores, hábitos y conductas, su concepción de cómo debe ser desarrollado el trabajo y la asunción de la máxima que en el inmovilista sector de la construcción pesa como una losa: *esto se ha hecho toda la vida así y ha funcionado.*

“La incomprensión por parte de la empresa, por parte de algunos profesionales que no lo ven. Y la incomprensión por parte del sector relacionado, que por más que les intentes explicar pues no lo ven. Por lo demás..., sobre todo la incomprensión, es decir, que la gente no quiera entenderlo, se cierra en banda vamos, sobre todo en las empresas. (Entrevista 4)” (Gil Gil 2015)

Porque, efectivamente, el funcionamiento y jerarquía del trabajo en la construcción ha sido transmitido de generación en generación durante siglos, aprendido en las aulas de las carreras AEC (o en las cuadrillas de obreros) y puesto en práctica durante todo el proceso proyecto-construcción. Habrán evolucionado las técnicas, los medios, los recursos, la tecnología con la que trabajamos, pero nunca se ha modificado la concepción del sector, su estructura y funcionamiento. Es más, puesto que la construcción es un sector extraordinariamente regulado e

¹⁰³ Charles Hardy: Director de la Oficina de Proyectos de la Administración General de Servicios del Gobierno Federal de los Estados Unidos de América.

intervenido (como ya hemos comentado en capítulos anteriores), incluso esa concepción tradicional se ha convertido en ley, desde la regulación de las atribuciones y responsabilidades profesionales o el funcionamiento de los gremios (hoy colegios profesionales), pasando por la documentación mínima que ha de contener un proyecto, el uso de soluciones homologadas por normativa que invitan a no innovar o cambiar nada debido a la tramitación, justificación y responsabilidad que ello conlleva, hasta los procedimientos de licitación, o la gestión y registro de la información del proceso proyecto-construcción en libros de obra obsoletos. Todo en el sector de la construcción está regulado, conformado y delimitado para que nada cambie... Incluso las compañías responsables del aseguramiento del altísimo riesgo y responsabilidad que entraña el proceso constructivo son reacias a cubrir el riesgo de cualquier innovación o cambio que se proponga a su póliza convencional.

Y, de repente, llega BIM. Y su adopción como método de trabajo implica una serie de cambios para los que las personas del sector, bien instruidas en su función, no están preparadas:

- El trabajo ha de ser colaborativo y cooperativo. Y trabajar en equipo, en esta metodología, no significa que cada uno desarrolla su parte que luego forma parte de un trabajo conjunto, sino que supone la necesaria coordinación entre disciplinas, la exigencia de contrastar tu toma de decisiones con las del resto del equipo y consensuar soluciones, no prevaleciendo necesariamente la opinión o decisión de uno de los componentes sobre el resto. La sinergia se hace realidad y el resultado del trabajo final, cooperativo, tiene más valor que la suma de todas las partes que lo componen.
- El saber hacer individual, de cada profesional, no queda bajo secreto, en su despacho y ordenador, solo plasmando el resultado final de su conocimiento en un documento ejecutivo. En BIM se comparte la información, que estará disponible en un servidor informático o nube en Internet, a disposición de la consulta del resto del equipo. Se comparte el saber hacer, la toma de decisiones y los criterios seguidos. Y si se comparte, puede ser sometido a juicio, a valoración. Frente a la reticencia tradicional, BIM permite que la información que cada participante aporta se transforme en conocimiento de todos, incluso del propio emisor y propietario de dicha información, que recibe un retorno inmediato de aportaciones nuevas a su base de conocimiento.

- El trabajo se convierte en multidisciplinar, con la concurrencia de profesionales procedentes de distintas áreas del saber, con distintas visiones sobre el hecho constructivo. En un entorno BIM se hará necesario el respeto a todas las opiniones y sugerencias, sin que deba prevalecer a priori una opinión sobre el resto –cuando se pretende que dicha opinión prevalezca porque se emite desde una posición de titulación académica o atribución profesional-. La justificación técnica objetiva de cada postura y el necesario consenso serán los que marquen el funcionamiento del equipo. Y sin olvidar que el cumplimiento del programa de necesidades del promotor tendrá prioridad a la hora de adoptar soluciones y que el objetivo común del equipo es la satisfacción del promotor y ofrecerle el mejor de los proyectos posibles a sus requerimientos y limitaciones presupuestarias y de plazo.
- Y todos los cambios anteriormente citados conducen, de forma inevitable, al cambio más sensible de la metodología BIM: la compartición del riesgo y la responsabilidad del proyecto. Más allá de que, de momento, para cubrir las exigencias legales deba figurar una persona física como responsable del mismo, ni la autoría del documento global es suya, ni el saber hacer allí aplicado, ni la información volcada en el modelo. Nada es de su propiedad exclusiva. Por tanto, ¿es exclusivamente suya la responsabilidad legal del mismo? La respuesta en otros países donde la metodología BIM ya está ampliamente implantada y con un grado de madurez suficiente es que no. La responsabilidad es compartida entre todos los participantes siempre y cuando los beneficios del hecho constructivo también se compartan (Gobierno de España. Jefatura del Estado 1970). Es lo que se ha venido a denominar gestión integrada del proyecto, de su traducción del inglés *Integrated Project Delivery* (IPD) (AIA 2007)

“Pero sobre todo es el tema de quién hace el modelo, porque el modelo que hago es para mí, si se trata de que esto es una base de datos única, ese modelo después pasa al constructor, el constructor trabaja con el modelo ese y ese modelo al final “as built” pasa al promotor, entonces ya gestiona el edificio o lo que sea. Y claro ahí, todavía ves la reacción de lo que ha sido toda la vida, de... ¡no, no!, la información es mía y es para mí. Y eso de dar información cuesta. (...) es una barrera dura y que veo muy complicado que en España vamos..., mucho tiene que cambiar el chip aquí en España. (Entrevista 5)”(Gil Gil 2015)

Parece, pues, evidente que BIM no consiste solo en una mejora de la tecnología con la que trabajamos y un nuevo tratamiento de la gestión de la información del proyecto. Todo plan de implantación de BIM en una organización que no incluya a las personas como objetivo del cambio ni contemple un plan de acompañamiento para este, sino que se centre exclusivamente en su formación técnica en el manejo de software y nuevos protocolos de trabajo, fracasará.

6.3.3. El proceso de aprendizaje de BIM de un estudiante AEC

Sin querer pecar de excesivo, hemos de volver a hacer referencia a las palabras de nuestros compañeros entrevistados. Su larga experiencia en el sector de la construcción, su inesperado y nunca merecido fracaso profesional y el alto nivel empírico de apreciación por BIM al que han llegado, los convierten en voces autorizadas para emitir opiniones como esta:

“Pues vamos, mi recomendación efectivamente es que lo integren dentro de los cursos, si consideramos y estamos todos de acuerdo, de que es la línea a seguir, pues debe de ser integrado de algún modo, y lo máximo posible en la formación. Y no solamente como una asignatura, sino que digamos que el resto de asignaturas también hagan un llamamiento en ese sentido ¿no?, que trabajen en común para que todo eso tenga un flujo de trabajo y que digamos que todo eso tenga sentido. (Entrevista 2)”
(Gil Gil 2015)

Estamos de acuerdo. El estudiante que inicia una carrera universitaria está lleno de curiosidad, con ganas de aprender y predispuesto a ser enseñado. La expectación domina al escepticismo. Si elige una carrera de la rama AEC, deberá desarrollar su capacidad para la abstracción, de imaginar y visualizar en su mente objetos y elementos 3D que le serán presentados en 2D, de imaginar y organizar mentalmente procesos y procedimientos de trabajo que nunca antes (por regla general) habrá visto hacer ni habrá ejecutado. BIM nos ofrece la oportunidad de acompañar ese proceso de aprendizaje del estudiante AEC reforzando sus habilidades al visualizar en 3D en una pantalla de ordenador aquello que ha tenido que construir mentalmente. Es más, primero lo habrá tenido que construir mentalmente y, después, lo habrá tenido que construir virtualmente. Doble refuerzo del conocimiento aprendido haciendo. Y la recompensa de verlo plasmando en su pantalla tal y como lo había imaginado, le anima a seguir aprendiendo por descubrimiento, imaginando y desarrollando sus habilidades para

la conceptualización, desarrollo, plasmación y comunicación a otros de la información que ha sido capaz de generar.

Uno de los resultados de la experiencia de sustituir la asignatura de expresión gráfica del primer curso de ingeniería por una asignatura de integración de BIM (Sacks, Barak 2010) apoya esta teoría. Constataron que la manipulación de los modelos en el ordenador en el espacio 3D resultó ser una ayuda muy eficaz en el desarrollo de la capacidad de los alumnos de ver objetos en tres dimensiones. Los estudiantes manifestaron que tras su experiencia con el modelado y la generación de vistas utilizando BIM les resultaba mucho más fácil construir una imagen mental de objetos de ingeniería a partir de vistas en diédrico.

Cuando un alumno AEC se inicia en el aprendizaje de BIM a través de las herramientas de creación de modelos arquitectónicos, empezará también por el nivel de menor desarrollo, LOD 100. Sin embargo, los elementos genéricos que irá incorporando al modelo, crecerán en información y definición a medida que él también adquiera los conocimientos necesarios sobre materiales de construcción, elementos y sistemas constructivos, etc. Es más, la disposición de esos elementos genéricos en el modelo virtual le permitirá comprender qué función tiene cada uno en el hecho constructivo y cuáles son las relaciones entre ellos. Será recíproco y bidireccional el proceso de aprendizaje y el vehículo de ese aprendizaje: aprenderá construcción aprendiendo BIM y aprenderá BIM a medida que aprenda construcción. Exactamente en eso basan Sacks y Barak el cambio de paradigma: en pasar de enseñar el manejo de una herramienta a enseñar ingeniería a través de la herramienta.

En este punto ellos también encontraron un problema. A los estudiantes que tenían algún conocimiento o experiencia en CAD 2D previa a comenzar sus estudios de ingeniería, les resultaba, al principio más difícil aprender la herramienta BIM que a sus compañeros que nunca habían usado CAD. Ellos lo justifican diciendo que aquellos “dibujaban” el modelo pensando en el resultado gráfico, esto es, los planos, como el único objetivo de todo aquello. Esto supuso una barrera a la hora de interiorizar el concepto de modelado y hubieron de hacer un gran esfuerzo para des-aprender o desligarse del concepto dibujar. Es por ello que acaban afirmando que BIM puede y debe ser enseñado por derecho propio y no como una extensión de CAD.

Por tanto, parece evidente que aunque aprender BIM no es aprender el manejo de software, el interés y aproximación a BIM se inicia y crece con el uso de su

tecnología. Esta circunstancia es fundamental a la hora de diseñar y programar la formación en BIM porque el alumno deseará conocer y dominar las herramientas de software como primer objetivo de su aprendizaje y cualquier otra información o formación que distraiga este primer objetivo será rechazado como distracción. Sin embargo, el avance en el aprendizaje del uso del software junto con pequeñas dosis de conocimiento sobre metodología y procesos, bien insertadas en el proceso en el momento apropiado, generarán las condiciones ideales para la adquisición de las competencias BIM que el alumno necesitará para su desarrollo profesional.

Los conocimientos y habilidades adquiridos en las primeras fases de estudio de un grado AEC serán los instrumentos con los que construya y avance en su proceso de aprendizaje. Si el proceso de aprendizaje en BIM se inicia simultáneamente al de los fundamentos básicos de la construcción, ambos serán coadyuvantes y facilitadores del aprendizaje por descubrimiento.

A medida que el estudiante adquiere conocimientos sobre las materias aplicadas en el arte de construir (materiales, técnicas y soluciones constructivas, calidad, prevención y seguridad, equipos y medios auxiliares, estructuras, instalaciones, etc.) volcará esos conocimientos en su modelo 3D BIM para comprobar el resultado. Y ampliará sus habilidades en BIM, generando modelos diferentes para cada disciplina, que irán conformando su modelo de coordinación. Y en ese modelo de coordinación 3D BIM será donde descubrirá las inferencias y dependencias que existen entre ellas. Deberá resolver los conflictos que surjan de las soluciones adoptadas y dimensionadas, aplicando sobre el modelo todo su saber constructivo, de análisis y toma de decisiones.

Cuando el estudiante llegue al último período de su formación, deberá aprender a gestionar los procesos constructivos y, con ello, a integrar toda la formación anteriormente adquirida. Sin embargo, el uso de BIM durante toda la carrera ya le habrá permitido adquirir un nivel tal de madurez, comprensión del proceso proyecto-construcción y la toma de decisiones, que esta integración se habrá producido a medida que incorporaba disciplinas a su modelo BIM, quedando ahora solo aprender las herramientas de gestión necesarias.

Esta curva de aprendizaje recíproco se podría representar como una función sigmoidea que permite describir la evolución (Figura 16).

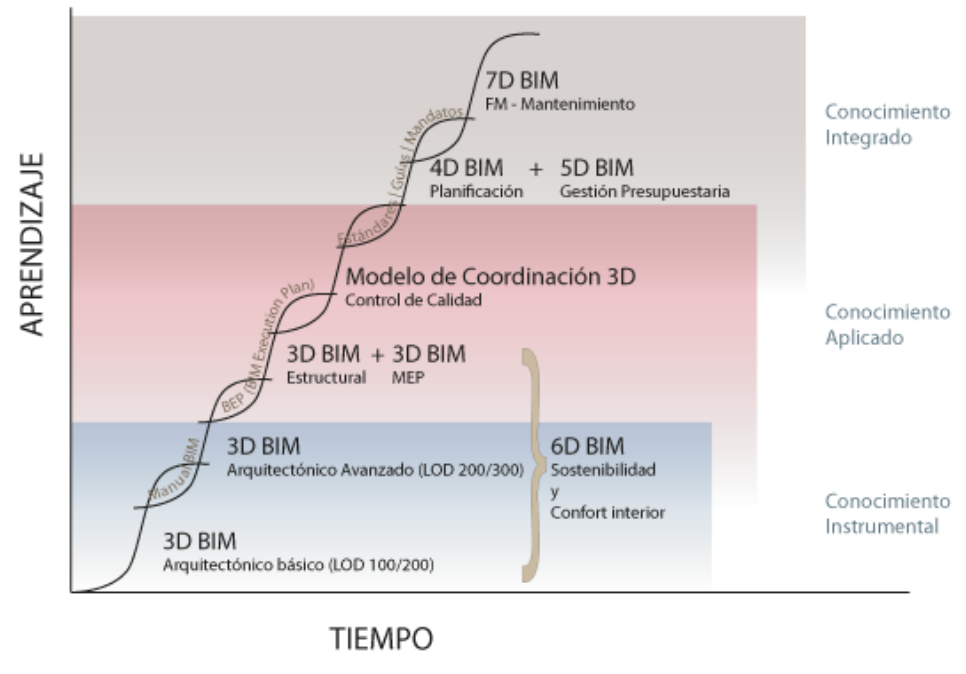


Figura 16. Sucesión de curvas sigmoideas del aprendizaje de BIM del estudiante AEC. 2015. Elaboración propia.

6.3.4. Lo que un estudiante AEC debe des-aprender para aprender BIM

Cuando un estudiante opta por estudiar una carrera AEC, de forma general, desconoce el funcionamiento del sector, del proceso proyecto-construcción y sus fundamentos. Se podría afirmar que está poco “contaminado” por los procedimientos de trabajo usados, la estructura jerárquica del sector, los roles tradicionales de cada agente participante, la asunción de responsabilidades que supondrán sus decisiones... Es cierto que la tradición y la historia de la construcción, así como las funciones de algunos de los agentes participantes forman parte del conocimiento social, pero esta percepción o idea preconcebida que el estudiante tiene del entorno profesional en el que aspira a desarrollarse puede aún ser corregida y moldeada.

Continuando con la misma estructura que hemos empleado en los puntos anteriores sobre el profesional AEC y lo que debe des-aprender para aprender BIM, los estudiantes AEC no tendrán asimilado el procedimiento de trabajo actual del

sector; en ese sentido no deberán dejar a un lado ningún hábito o concepción sobre este asunto. Más bien deberán empezar a habituarse al modelo de trabajo en entorno BIM. Aunque debido al momento y coyuntura en que, previsiblemente, esta tesis llegará a su fin, la aplicabilidad de sus conclusiones se darán en un momento en que los estudiantes deberán convivir entre los dos modelos productivos: el que se implantará y generalizará con el tiempo en entorno BIM y el convencional o tradicional, que algunas empresas del sector aún seguirán utilizando. En cualquier caso, y para evitar la contaminación de conceptos antagónicos entre una y otra metodología de trabajo, será más que conveniente que las primeras nociones que adquieran sobre el funcionamiento del sector sean en el entorno de la metodología con la que van a tener que trabajar la mayor parte de su futuro profesional, siendo esta la base de su funcionamiento en el aula. La convencional se debería mostrar en contraposición a BIM y como metodología camino de la obsolescencia.

Sin embargo, las mismas actitudes que a los profesionales AEC se les deberían exigir, para concienciarlos desde el principio de cómo va a ser su trabajo profesional.

- El trabajo deberá ser colaborativo y cooperativo. Y esa sí que es una resistencia a vencer en los alumnos de nuevo ingreso. Se deberá trabajar su concienciación de que el trabajo en equipo no es dividirlo en partes y cada uno se responsabiliza de una sin diálogo con los demás. Este es un aspecto fundamental a abordar.
- El aprendizaje se construye en común, entre iguales, lo que permite un medio más natural, desinhibido y cómplice del desarrollo del conocimiento y su aplicación práctica.
- El trabajo multidisciplinar, en ausencia de estudiantes de otras titulaciones AEC, se complementaría con el trabajo en distintas disciplinas y talleres/seminarios especiales, por ejemplo con alumnos AEC de universidades europeas con las que se tenga convenio Erasmus.
- Y la más importante nuevamente, la compartición del riesgo y de los beneficios. Cada alumno ha de madurar para el trabajo en equipo con compañeros no necesariamente amigos ni conocidos. Exactamente igual a como sucederá en su vida laboral. Donde se deban dirimir disputas y buscar el consenso y donde la suerte de uno es la suerte de todos, tanto en la evaluación de los trabajos realizados como de la valoración de los mismos.

Del mismo modo que en la estrategia formativa de los profesionales AEC, la dimensión humana del proceso es fundamental. De nada servirá que tengan grandes conocimientos en BIM y en construcción si no son capaces de desarrollar su potencial y saber hacer en coalición con otros, buscando los objetivos comunes y aprendiendo el necesario respeto a la convivencia y diversidad.

“Sin ninguna duda, para mí, el objetivo de BIM, es que se extienda a todo el sector, y que todo el mundo conozca BIM. Y la mejor forma de hacer eso, es a través de las titulaciones universitarias. Yo personalmente incluiría esto en los programas como algo troncal. (...) No se trata de poner una asignatura en BIM, se trata de enseñar toda la carrera en BIM, es decir, se trata de enseñar construcción en BIM, se trata de diseñar estructuras en BIM, etc. Es decir, que se utilice BIM, los métodos de trabajo de BIM, la metodología de BIM, el compartir..., todo eso se puede aplicar a las titulaciones. Bueno pues si eso se hiciera en BIM, la gente saldría de la titulación sabiendo... no sabiendo usar Revit o sabiendo que es BIM, sino habiendo trabajado en BIM y teniendo experiencia en BIM, y ahí está la clave, en mi opinión. (Entrevista 7)” (Gil Gil 2015)

La formulación de las competencias en BIM que todo estudiante de Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación ha de adquirir deberán contemplar la triple vertiente de esta disciplina (metodología, procesos y tecnología), pero además deberá ser posible medir su grado de integración y conexión con las disciplinas del arte de construir y con las habilidades individuales para el trabajo desarrollado en equipo, con corresponsabilidad, de forma colaborativa y multidisciplinar.

Capítulo 7. BIM en la legislación

7.1. Antecedentes

En mayo de 2011 el Cabinet Office¹⁰⁴ del Gobierno británico publicó la Construction Strategy. En ella hacía pública su intención de exigir la utilización de BIM en sus proyectos para el año 2016, abarcando a la información de proyectos y de activos, a la documentación y resto de datos. Es la consecuencia inmediata tras la experiencia vivida con la gestión de las construcciones necesarias para albergar los Juegos Olímpicos de Londres 2012: el establecimiento de una hoja de ruta para la Administración Pública. Esa estrategia exige que todos los proyectos del gobierno utilicen BIM en forma de un modelo informático en 3D totalmente colaborativo con un grado de madurez de nivel 2 para el año 2016. Con ello la totalidad del proyecto, la información de activos, la documentación, los datos y las comunicaciones serán electrónicos.

Así con la Construction Strategy, el Gobierno británico y el propio sector de la construcción se marcan una meta que materializan un programa de cuatro años. Su objetivo es reducir gastos de capital así como la emisión de carbono en un 20% a través de la modernización del sector. Estas dos reducciones pretenden conseguir las con acciones que se llevarían a cabo tanto durante el proceso de la construcción como durante la explotación de los activos del sector.

Y la base de esas acciones es el importante soporte que se le da a partir de entonces a la implementación de BIM en el proceso constructivo. Este soporte se fundamenta principalmente en la elaboración de estándares y guías desarrolladas por el Grupo de Trabajo BIM¹⁰⁵.

¹⁰⁴ Ministerio de la Presidencia

¹⁰⁵ Grupo de trabajo en BIM, en adelante BTG del original en inglés BIM Task Group.

Cuando la Unión Europea¹⁰⁶ pretende hacer la revisión de su Directiva 2004/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de marzo de 2004, sobre coordinación de los procedimientos de adjudicación de los contratos públicos de obras, de suministro y de servicios, entiende que esa revisión debe tomar en consideración la implementación de BIM en el propio proceso de contratación tal y como ya lo está haciendo el Reino Unido. Es así como la Construction Strategy, del Gobierno británico se toma como referencia en Europa para que otros miembros de la UE puedan adoptar BIM.

Por su parte el Reino Unido consideró que la adaptación global de BIM en la UE podía beneficiar a sus propios negocios de construcción ya que de momento contaban con habilidades en BIM más avanzadas que sus competidores europeos. Así que el BTG, expresó su *“please, here you are”* (CIOB, The Chartered Institute Of Building 2013), y participó activamente en el proceso de reformulación de la directiva en Bruselas.

A pesar de ello hay que decir que paralelamente a lo que ocurría en Reino Unido, e incluso antes, los países nórdicos europeos, Dinamarca, Finlandia y Noruega, fueron los primeros en dar un paso al frente e incorporar esta metodología de trabajo a su proceso constructivo. Concretamente en Finlandia la agencia estatal de servicios inmobiliarios, Senate Properties, exige el uso de BIM para sus proyectos desde 2007. En 2012 el Ministerio de Interior holandés exige la utilización de BIM en la elaboración de grandes proyectos de explotación y mantenimiento. Por su parte Francia y Alemania han empezado ya su proceso de adopción de BIM estableciendo un proceso que está programado alcanzar entre el 2018 y el 2020.

Fuera de Europa las adopciones de BIM más significativas y de mayor calado se han dado en EEUU donde ya en 2003 el General Services Administration estableció el National 3D-4D-BIM Program; en Singapur, donde la Building and Construction Authority implementó en 2008 la primera plataforma de aplicaciones on-line para la presentación electrónica de proyectos en BIM y actualmente son más de 200 los proyectos que se han solicitado licencia por esta vía; en Hong Kong donde es a partir de 2014 cuando se exige BIM para todos los nuevos proyectos públicos; o en Corea del Sur que hará obligatorio BIM a partir de 2016 tanto para los proyectos de más de 50 millones de dólares como para todos los proyectos públicos.

¹⁰⁶ Unión Europea, en adelante UE.



7.2. Directiva 2014/24/UE sobre Contratación Pública

En el panorama legislativo europeo actual marcado por la Estrategia Europa 2020, la contratación pública desempeña un papel clave. La contratación pública se convierte en uno de los instrumentos basados en el mercado interior que, según la UE, debe ser utilizada para conseguir un crecimiento inteligente, sostenible e integrador, y debe al mismo tiempo garantizar un uso más racional, económicamente hablando, de los fondos públicos.

En ese escenario, en febrero de 2014 la Comisión Europea aprueba la Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y el Consejo sobre Contratación Pública¹⁰⁷.

Desde el punto de vista de la vigencia, viene a derogar a la Directiva 2004/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de marzo de 2004, sobre coordinación de los procedimientos de adjudicación de los contratos públicos de obras, de suministro y de servicios, con efecto a partir del 18 de abril de 2016.

Con esta normativa, la UE da por concluido un proceso de revisión y modernización de las vigentes normas sobre contratación pública cuyos objetivos de revisión y modernización son:

- Incrementar la eficiencia del gasto público.
- Facilitar en particular la participación de las PYME¹⁰⁸ en la contratación pública.
- Permitir que los poderes públicos empleen la contratación en apoyo de objetivos sociales comunes.
- Aclarar determinadas nociones y conceptos básicos para garantizar la seguridad jurídica.
- Incorporar diversos aspectos resaltados por la Jurisprudencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea relativos a la contratación pública.

Efectivamente y como se apuntaba en el primer párrafo, ya en sus consideraciones iniciales la Directiva dice:

“La contratación pública desempeña un papel clave en la Estrategia Europa 2020, (...) como uno de los instrumentos basados en el mercado que deben

¹⁰⁷ Se la conoce como la Directiva EUPPD, siglas que responden a European Public Procurement Directive, su nombre en inglés.

¹⁰⁸ PYME o Pequeña y Mediana Empresa.

utilizarse para conseguir un crecimiento inteligente, sostenible e integrador, garantizando al mismo tiempo un uso más eficiente de los fondos públicos.”

Según la Directiva contratación pública es la adquisición mediante un contrato público, de obras, suministros o servicios, por uno o varios poderes adjudicadores a los operadores económicos elegidos por dichos poderes adjudicadores, con independencia de que las obras, los suministros o los servicios estén o no destinados a un fin público.

Los poderes adjudicadores son el Estado, las autoridades regionales o locales, los organismos de Derecho público pero también las asociaciones formadas por uno o varios de ellos.

Define contratos públicos de obras como aquellos cuyo objeto sea:

- la ejecución o el proyecto y la ejecución de obras relativas a una de las actividades mencionadas en su Anexo II,
- la ejecución o el proyecto y la ejecución de una obra,
- la realización de una obra que cumpla los requisitos fijados por el poder adjudicador que ejerza una influencia decisiva en el tipo o el proyecto de la obra.

Dicho esto especifica que obra es el resultado de un conjunto de obras de construcción o de ingeniería civil destinado a cumplir por sí mismo una función económica o técnica.

La Directiva es de aplicación a determinadas tipologías de contratos públicos, y en función de su valor estimado según se especifica en la Tabla 4.

Tipología de contrato	Presupuesto mínimo estimado (sin IVA)
Contratos públicos de obra	5.186.000 €
Contratos públicos de suministro y de servicios adjudicados por autoridades, órganos y organismos estatales Concursos de proyectos organizados por estos	134.000 €
Contratos públicos de suministro y de servicios adjudicados por poderes adjudicadores subcentrales Concursos de proyectos organizados por los mismos	207.000 €
Contratos públicos de servicios para servicios sociales Otros servicios específicos enumerados en el Anexo XIV	750.000 €

Tabla 4. Importe de los umbrales de aplicación de la EUPPD según tipo de contrato. 2015. Elaboración propia

Como se explica en el apartado anterior, y siguiendo la estela de lo que se estaba haciendo en el Reino Unido, la UE pretende fomentar la adopción de la metodología BIM en el proceso constructivo y empieza haciéndolo para los contratos de obra financiados con fondos públicos.

Este intento de adopción de la metodología BIM para la contratación pública en la Directiva se trata concretamente en el punto 4 del artículo 22, Normas aplicables a las comunicaciones, cuando se dice en inglés:

“For public works contracts and design contests, Member States may require the use of specific electronic tools, such as of building information electronic modeling tools or similar.”

También en la versión francesa la referencia directa a la utilización de herramientas BIM es clara:

“Pour les marchés publics de travaux et les concours, les États membres peuvent exiger l’utilisation d’outils électroniques particuliers tels que des outils de modélisation électronique des données du bâtiment ou des outils similaires.”

Sin embargo, en la traducción de la Directiva al español, la alusión explícita a BIM, o más bien al concepto información (*information* en la versión inglesa) o datos (*données* en la francesa), no existe, aunque se quiera entender implícita:

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

Efectivamente la traducción al español se queda en herramientas de diseño electrónico, lo cual no tendría por qué estar haciendo alusión a Building Information Modeling sino simplemente a cualquier tecnología electrónica de diseño en 2 o 3 dimensiones sin especificar y, por supuesto, sin incluir gestión de datos ni de información.

Esto no tiene ningún sentido habida cuenta de que, la Construction Strategy en la que el Gobierno Británico hacía pública su intención de exigir la utilización de BIM en sus proyectos para el año 2016, ha sido el documento de referencia para la EUPPD en lo que a la información de proyectos y de activos, a la documentación y resto de datos, se refiere. Es pues un evidente y lamentable fallo de la traducción a

nuestro idioma de la EUPPD. Sin duda se resolverá en su trasposición que está actualmente en marcha como proyecto de ley. Pero eso lo veremos en el apartado siguiente.

En lo que sí coinciden las tres versiones¹⁰⁹ es en que la Directiva plantea que la adopción de cualesquiera que sean las herramientas de diseño electrónico para este tipo de proyectos puede ser una recomendación o una exigencia. Así dice *may require, peuvent exiger o podrán exigir*. Es evidente pues que la EUPPD no impone como obligatorio el uso de herramientas BIM, sino que deja la decisión final a cada Estado miembro para que, no solo recomiende su uso sino que lo exija según su criterio para determinados casos como son los proyectos financiados con fondos públicos.

En cualquier caso, y dado que no es una exigencia explícita, acaba el punto 4 del artículo 22 diciendo que en su caso, se deberán ofrecer medios de acceso alternativos hasta el momento en que dichas herramientas estén generalmente disponibles. Esto es, hasta que los formatos de archivo en cada caso puedan ser procesados por programas abiertos o generalmente disponibles, o se generalicen los formatos de intercambio que garanticen el traspaso de información.

Deja claro nuevamente aquí la directiva que está hablando de BIM, ya que cualquier material generado con herramientas de diseño electrónico anteriores a BIM ya se puede visualizar, difundir y/o procesar con programas o formatos de fichero generalmente disponibles. Esta es una circunstancia que no se da todavía de forma generalizada para la información generada con herramientas BIM.

Por su parte, el artículo 42 habla de las especificaciones técnicas diciendo que definirán las características exigidas de una obra servicio o un suministro. Estas especificaciones técnicas que están definidas en el Anexo VII de la Directiva han de suponer el marco definitorio de las características exigidas a las obras, a los servicios y a los suministro, pero también a los productos.

Continúa el artículo 42 diciendo que las especificaciones técnicas han de proporcionar a los operadores económicos el acceso en condiciones de igualdad al procedimiento de contratación y no deben generar obstáculos injustificados a la apertura de la contratación pública a la competencia.

¹⁰⁹ Es de suponer que en el resto de versiones en los distintos idiomas de la UE también aunque no se ha comprobado.

Todo ello hace pensar en que el tratamiento electrónico de toda esa información del producto, esto es, la definición paramétrica de los objetos BIM en un proyecto, es el medio perfecto para facilitar la evaluación de las ofertas en el proceso previo a la contratación, pero también a lo largo del ciclo completo de la vida de los activos.

Y la última cuestión que nos indica claramente que BIM es la herramienta en la que la Directiva está pensando, es la inclusión del concepto del coste del ciclo de vida de un activo como criterio a la hora de una adjudicación. De hecho define el concepto en el punto 20 de su segundo artículo y dedica el artículo 68 a explicar qué conceptos se han de tener en cuenta a la hora de realizar el cálculo de dicho coste.

7.3. La futura Ley de Contratación del Sector Público

Antes de empezar a analizar la trasposición de la EUPPD al derecho español en forma de Ley de Contratos del Sector Público, se considera interesante incluir unos datos que aporta la Memoria del análisis de impacto normativo del Anteproyecto de Ley de Contratación del Sector Público¹¹⁰, sobre el escenario de la contratación pública en España. Esta memoria dice que:

- La contratación pública representa el 19% del PIB¹¹¹ de la Unión Europea.
- La contratación pública representa en España el 15,5% de su PIB.
- El 99,9% de las empresas en España son PYME.
- España se encuentra en la media europea en materia de ejecución de los contratos públicos.

La nueva Ley de Contratación del Sector Público¹¹² se encuentra en tramitación. Su objeto es la incorporación al ordenamiento jurídico español de la Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE. Hasta el momento el calendario que ha seguido la EUPPD en España ha sido el de la Tabla 5.

¹¹⁰ Anteproyecto de Ley de Contratación del Sector Público, en adelante ALCSP.

¹¹¹ PIB acrónimo de Producto Interior Bruto.

¹¹² Ley de Contratación del Sector Público, en adelante LCSP.

Fecha	Tramitación de EUPPD a LCSP
marzo de 2015	Se dispone de un borrador del Anteproyecto de Ley de Contratación del Sector Público
17 de abril de 2015	El Anteproyecto es aprobado en el Consejo de Ministros
11 de junio de 2015	El Consejo General del Poder Judicial aprueba por unanimidad el informe al Anteproyecto de Ley de Contratos del Sector Público.
18 de abril de 2016	¿Aprobación de la nueva Ley de Contratos del Sector Público?

Tabla 5. Calendario de la Ley de Contratos del Sector Público. 2015. Elaboración propia

El Anteproyecto entiende la contratación pública como un instrumento para implementar las políticas tanto europeas como nacionales en materia social, medioambiental, de innovación, y de desarrollo y promoción de las PYME. Y ello dentro de un marco que garantice la eficiencia en el gasto público y respete los principios de igualdad de trato, no discriminación, transparencia, proporcionalidad e integridad.

Según el informe remitido al Consejo de Ministros por el Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas para la aprobación del borrador de Anteproyecto, el objetivo primordial de la incorporación a la legislación española del paquete de Directivas Comunitarias de Contratación Pública es mejorar la transparencia y la competencia en la contratación, así como agilizar los procedimientos fomentando la utilización de medios telemáticos.

En base a aquella filosofía y para conseguir estos objetivos primordiales, los objetivos específicos de la futura ley, además de incorporar al ordenamiento jurídico español las Directivas 2014/23/UE y 2014/24/UE, son los siguientes:

- Conseguir una mejor relación calidad-precio en las contrataciones.
- Simplificar los trámites.
- Imponer una menor burocracia para los licitadores.
- Mejorar acceso para las PYME.
- Introducir normas más estrictas para combatir las ofertas anormalmente bajas en beneficio de las empresas.
- Introducir normas más estrictas para garantizar que se respeten los derechos de los trabajadores.
- Diseñar y ejecutar un nuevo sistema de contratación pública basado en los criterios anteriores de eficiencia, transparencia, integridad, etc.

- Mejorar la eficiencia en la contratación pública mediante las nuevas tecnologías y los sistemas electrónicos de comunicación.

El informe dice que se apuesta decididamente por la utilización de medios electrónicos, informáticos y telemáticos en los procedimientos contemplados en la Ley y que entiende que con estos procedimientos conseguirán la mejora de la eficiencia en la contratación. A este respecto hay que decir que en toda la exposición de motivos del anteproyecto no hay una sola mención a este aspecto de la contratación en ninguna de sus fases, aunque es cierto que posteriormente se trata en 3 disposiciones adicionales.

Podemos ver la correspondencia entre las consideraciones previas, los artículos y anexos de la EUPPD en los que se trataba este tema en el borrador y los del Anteproyecto aprobado por el Consejo de Ministros en la Tabla 6. Procedemos ahora a analizar cómo se ha ido resolviendo la trasposición de cada uno de esos aspectos que ya apuntábamos al final del apartado anterior.

Directiva 2014/24/UE	Anteproyecto de Ley de Contratos del Sector Público
Consideraciones 52 a 58	Disposiciones adicionales 15 y 16
Artículo 22	Disposición adicional 15
Anexo IV	Disposición adicional 17
Consideraciones 95 y 96 y artículo 2 (20)	Artículo 146
Consideraciones 92 y 96 y artículo 67	Artículo 145
Artículo 42	Artículo 126
Anexo VII	Artículo 125

Tabla 6. Correspondencias entre el ALCSP y la EUPPD. 2015. Elaboración propia

7.3.1. Las herramientas de diseño electrónico

Las consideraciones 52 a 58 empiezan diciendo que los medios de información y comunicación electrónicos en los procedimientos de contratación deben convertirse en el método estándar ya que hacen aumentar considerablemente la eficiencia y la transparencia de los procedimientos de contratación, cosa que está en el espíritu de la ley. Considera que debe ser obligatorio en el momento del anuncio y en cualquier otro momento del procedimiento, incluida la transmisión de solicitudes y en particular en la presentación de las ofertas. Añade además que los

poderes adjudicadores deben seguir teniendo libertad para ir más lejos si así lo desean. Sin embargo, dicho esto establece también que esos medios no pueden ser discriminatorios. Es decir, no se puede obligar a la utilización de dichos medios si ello requiriese de la utilización de instrumentos especializados, formatos de ficheros que no estuvieran disponibles de forma general, o cuando la comunicación en cuestión solo pudiera manejarse utilizando equipos ofimáticos especializados.

En resumen, aboga por que el electrónico se convierta en el método estándar de comunicación e intercambio de información, ya que hacen aumentar considerablemente las posibilidades de los operadores económicos de participar en dichos procedimientos en todo el mercado interior.

Pero para ello considera que es necesario promover la utilización de programas o formatos de ficheros generalmente disponibles, y en su caso, promover la interoperabilidad entre aplicaciones informáticas, la utilización de formatos de intercambio entre ellas, y por supuesto la normalización y la creación de estándares que faciliten la comunicación.

En cuanto a su trasposición a la LCSP, se puede decir que las Disposiciones Adicionales¹¹³ 15 y 16 del anteproyecto tituladas “Normas relativas a los medios de comunicación utilizables en los procedimientos regulados en esta Ley” y “Uso de medios electrónicos, informáticos y telemáticos en los procedimientos regulados en la Ley” respectivamente, son una transcripción prácticamente literal del conjunto de las consideraciones de la directiva.

Hasta que se llega al punto 6 de la DA 15 en el que se incluye el contenido de artículo 22 de la directiva. Recordemos que la traducción al español de dicho artículo dejaba el tema de las herramientas de modelado de la información de la construcción BIM poco clara si se comparaba con las versiones en otros idiomas. Incluso había llevado a pensar a aquellos que solo habían leído la versión española, que la Directiva no hablaba de BIM. Pues bien, la referencia a las herramientas BIM en el punto 6 de la DA 15, queda sin ningún cambio respecto de la traducción que se hizo en su día, tal y como puede leerse a continuación:

“6. Para contratos públicos de obras y concursos de proyectos, los órganos de contratación podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, tales como herramientas de diseño electrónico de edificios o herramientas similares. En esos casos, ofrecerán medios de acceso

¹¹³ Disposiciones Adicionales, en adelante DA.

alternativos (...) hasta el momento en que dichas herramientas estén generalmente disponibles para los operadores económicos.”

Por su parte el Anexo IV de la Directiva se trata en la DA 17 “Requisitos específicos relativos a las herramientas y los dispositivos de recepción electrónica de documentos”. El contenido de ambos es prácticamente idéntico, con leves variaciones que no requieren ser reseñadas. Se habla en ellos de los requisitos que deben cumplir tanto las herramientas como los dispositivos electrónicos a fin de garantizar la seguridad en el acceso a la información durante el proceso. Es decir, no dicen nada expresamente de las herramientas de modelado de la información de edificios que es lo que nos ocupa.

Pero teniendo en cuenta que los contratos públicos deben cumplir con los principios del Tratado sobre el funcionamiento de la Unión Europea de igualdad de trato, no discriminación, proporcionalidad y transparencia, parece claro que en cada estado miembro los poderes contratantes deberán posibilitar la aparición de normas técnicas que se aseguren en todo momento la no restricción al acceso y la no restricción a la competencia entre los licitadores potenciales. Se necesita pues un formato de datos abierto y neutral, que favorezca la interoperabilidad y deje descartada cualquier discriminación por cuestiones de software, ficheros o lenguajes electrónicos. Evidentemente se está hablando de IFC como solución directa e indirectamente de BIM en su conjunto.

7.3.2. El coste del ciclo de vida

Este es un concepto que aparecerá por primera vez en la legislación española sobre contratación con fondos públicos. En la actual legislación sobre el tema¹¹⁴ no existe ningún artículo en el que se tome en consideración el coste del ciclo de vida, ni siquiera el propio ciclo de vida de un activo a la hora de evaluar su posible contratación con fondos públicos. Veamos pues cómo se va a incorporar.

En su consideración 95 la EUPPD entiende de capital importancia aprovechar plenamente las posibilidades que ofrece la contratación pública para alcanzar los objetivos de la Estrategia Europa 2020. Había dicho ya en la 92 que se debe alentar a los poderes a elegir criterios de adjudicación que les permitan obtener obras de gran calidad para lo cual son determinantes los criterios cualitativos, desde luego.

¹¹⁴ Nos referimos al Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, aprobado por RDL 3/2011, de 14 de noviembre, actualmente en vigor hasta que se apruebe el Anteproyecto de Ley que estamos analizando.

Pero no pueden de ninguna manera ser los únicos y establece que irán siempre acompañados de criterios relacionados con los costes.

Atendiendo a la realidad de algunas circunstancias, la consideración 96 dice que, desde luego, en algunos casos se evaluarán las contrataciones atendiendo únicamente a la base del precio. Pero en el resto, los poderes adjudicadores deben poder determinar cuál es la oferta económicamente más ventajosa y el coste más bajo mediante un planteamiento basado en el coste del ciclo de vida. Para ello debe ser posible presentar ofertas que reflejen la diversidad de las soluciones técnicas, las normas y las especificaciones técnicas existentes en el mercado, incluidas aquellas elaboradas sobre la base de criterios de rendimiento vinculados al ciclo de vida y a la sostenibilidad del proceso de producción de las obras. Así se expresa en la consideración 74.

Todo esto la EUPPD lo materializa en su artículo 67 cuando dice que el planteamiento que atiende a la relación coste-eficacia es el cálculo del coste del ciclo de vida. Y su trasposición se lleva a cabo en el 145 de la LCSP que, entre otras cosas, dice que:

- se deberá garantizar la posibilidad de que las ofertas sean evaluadas en condiciones de competencia efectiva,
- los costes tendrán en cuenta cualquiera de sus aspectos y en cualquier etapa de su ciclo de vida,
- se tendrán en cuenta criterios relacionados con los costes (precio) pero también cualquier otro parámetro que permita identificar la oferta que presenta la mejor relación coste-eficacia,
- cuando solo se utilice un único criterio de adjudicación, este debe ser el del precio más bajo.

La definición del concepto ciclo de vida y qué debe incluirse a la hora de realizar el cálculo del coste del ciclo de vida¹¹⁵ es lo que trata la EUPPD en sus artículos 2 (punto 20) y 68. Se halla transcrito casi de forma literal en el artículo 146 de la futura LCSP.

“A los efectos de esta Ley se entenderán comprendidos dentro del “ciclo de vida” de un producto (...), la investigación y el desarrollo (...), la fabricación o producción, la comercialización (...), el transporte, la utilización y el mantenimiento, la adquisición de las materias primas necesarias y la

¹¹⁵ Coste del Ciclo de Vida, en adelante CCV.

generación de recursos; todo ello hasta que se produzca la eliminación, el desmantelamiento o el final de la utilización.”

Al concretar dice que el CCV incluirá gastos relativos a adquisición, utilización, mantenimiento, y recogida y reciclado al final de la vida. Pero también costes imputados a externalidades medioambientales (siempre que su valor monetario pueda determinarse y verificarse), como las emisiones de gases de efecto invernadero, otras emisiones contaminantes y costes de mitigación del cambio climático.

Al respecto del método de cálculo del CCV la Directiva dice que se indicarán en los pliegos de contratación los datos que deben facilitar los licitadores, así como el método que utilizará el poder adjudicador para determinar los costes de ciclo de vida sobre la base de dichos datos. Añade además que el método necesariamente deberá:

- estar basado en criterios verificables objetivamente y no discriminatorios
- ser accesible para todas las partes interesadas
- posibilitar la comunicación de los datos exigidos con un esfuerzo razonable

O lo que es lo mismo, transparente, no discriminatorio y que favorezca la competencia global.

7.3.3. Las prescripciones técnicas

Por último, hemos visto en la Tabla 3 que el artículo 42 y el Anexo VII de la Directiva se tratan en el artículo 126 “Reglas para el establecimiento de prescripciones técnicas” y en el artículo 125 “Definición de determinadas prescripciones técnicas” del Anteproyecto respectivamente.

El 125 es un artículo de nueva incorporación en la ley respecto del contenido de la ley vigente¹¹⁶ y que la LCSP ha de derogar.

En ambas situaciones se trata de la transcripción literal de lo que se establecía en la EUPPD, por tanto el análisis de su incorporación está en la misma línea del que se hizo de esta en su momento.

¹¹⁶ Nos referimos nuevamente al Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, aprobado por RDL 3/2011, de 14 de noviembre, actualmente en vigor hasta que se apruebe el Anteproyecto de Ley que estamos analizando.

Así el artículo 126 habla de las especificaciones técnicas diciendo que definirán las características exigidas de una obra servicio o un suministro. Estas especificaciones técnicas, que están definidas en este caso en el artículo 125, han de suponer el marco de definitorio de las características exigidas a las obras, a los servicios y a los suministros, pero también a los productos. Continúa el artículo 126 diciendo que las especificaciones técnicas han de proporcionar a los operadores económicos el acceso en condiciones de igualdad al procedimiento de contratación y no deben generar obstáculos injustificados a la apertura de la contratación pública a la competencia.

Como dijimos en su momento, todo ello hace pensar en que el tratamiento electrónico de toda esa información del producto, esto es, la definición paramétrica de los objetos BIM en un proyecto, es el medio perfecto para facilitar la evaluación de las ofertas en el proceso previo a la contratación, pero también a lo largo de los ciclos completos de vida de los activos.

Pero hay otro aspecto importante. En el artículo 125 el legislador define las distintas tipologías de prescripciones técnicas, esto es:

- Prescripción o especificación técnica
- Norma internacional, europea o nacional.
- Evaluación técnica europea
- Especificación técnica común
- Referencia técnica

Es decir, que está hablando de normalización y estándares en la especificación de los productos. Para el caso concreto de los contratos de obra, está hablando de cómo definir características requeridas de un material o a un producto, de forma que sea posible caracterizarlos pensando en proporcionar a los empresarios, por ejemplo, acceso en condiciones de igualdad al procedimiento de contratación. O lo que es lo mismo, confirmando que el contexto de normalización europeo es el marco de trabajo para definir las especificaciones técnicas de las obras, servicios y suministros en Europa. (ITeC. Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña 2015)

No está hablando de BIM explícitamente pero sí que está haciendo referencia a datos, a la información del producto y del proyecto. Para los contratos de obra, su tramitación, la gestión documental, la presentación de ofertas, y posteriormente la evaluación de dichas ofertas y la valoración de las propuestas parece que BIM es la herramienta.

7.4. Impacto de la normativa en el sector de la construcción

Realizado el recorrido por los pasos que ha dado hasta ahora el documento normativo que se prevé esté vigor a partir de abril de 2016, procede realizar un análisis del impacto que su aplicación puede llegar a tener en el sector de la construcción.

Previamente se considera necesario para este trabajo hacer una reflexión en tres partes.

1. Las directivas europeas son leyes de transcripción. En esa transcripción para su inclusión en el ordenamiento jurídico de cada país miembro, es más importante la finalidad de la ley que el articulado que cada país miembro desarrolle o adopte. En ese sentido hay que decir entonces que:
 - a. La LSCP que se espera aprobar en España para abril de 2016 no es la transcripción literal de la Directiva sino que sigue el esquema del articulado de su predecesora vigente actualmente en forma de Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.
 - b. Aunque el proyecto de ley no se refiera a BIM expresamente, esa referencia es más que explícita en la Directiva, y por tanto en su finalidad, de tal manera que se ha de considerar igualmente en la esencia de la ley traspuesta.
2. No sería deseable que la no alusión a BIM en la traducción o en la transposición de la EUPPD se debiera, como en varios foros de nuestro país se ha insinuado, al imperdonable error de asociar el acrónimo de la metodología con alguna marca concreta de software. Sería muy lamentable un error así en un texto de este nivel y calado. Pero la ausencia ha dado mucho que pensar.
3. En realidad no creemos que eso sea así, es decir, no creemos que sea una cuestión de falta de conocimiento. Es posible que el legislador haya entendido que hay suficientes indicios que señalan a la metodología, por supuesto ya desde su referente, la Construction Strategy británica. Pero no podemos dejar de expresar la sensación de haber dejado perder una oportunidad de darle a BIM, ya desde la legislación, el lugar para el que está llamado.

Volviendo al análisis de la repercusión de la Directiva en el sector de la construcción en Europa, hay que decir que, desde el primer momento, en todos los foros, congresos, publicaciones y redes sociales, la decisión del Parlamento Europeo de recomendar el uso de herramientas electrónicas en todo el proceso de contratación pública en general, y de herramientas de modelado de datos de la construcción en contratos de obras públicas y concursos de proyectos en particular, fue muy aplaudida.

“Leaders from Europe’s architecture, engineering and construction industry expressed their support today of the European Parliament’s decision to modernize European public procurement rules by recommending the use of electronic tools such as building information electronic Modeling, or BIM, for public works contracts and design contests.” (Verkstadsforum 2015)

“Por primera vez, la UE está pidiendo a sus Estados Miembros que consideren el uso de la tecnología para modernizar y mejorar los procesos de contratación pública. (...) La amplia adopción del BIM en la industria AEC¹¹⁷ europea no solo reduciría el costo de los proyectos de construcción financiados con fondos públicos en el país, sino que también aumentaría tremendamente la competitividad global de la industria de la UE en la obtención de contratos internacionales de construcción” (Autodesk 2014)

En efecto fue aplaudida porque el sistema había sido especialmente criticado por tratarse de procedimientos largos, pesados y rígidos:

“Despite innovations and improvements over the past 10 years in the EU Public Procurement Directives, the regime has been criticized for taking too long to implement and for being resource heavy and inflexible. As a result, at the end of 2011 after extensive public consultation, the European Commission published proposals for simplifying and modernizing the public procurement regime” (Sinclair 2014)

Sinclair resume las consecuencias que la aplicación de la Directiva tendrá en la modernización de las normas de contratación pública en la promoción del uso de BIM y la comunicación electrónica, la reducción de la burocracia, y un acceso más fácil a la contratación pública para las PYME.

¹¹⁷ Arquitectura, Ingeniería y Construcción, acrónimo de su original en inglés Architecture, Engineering & Construction.

Sin embargo creemos pertinente hacer una exposición un poco más exhaustiva de dichas consecuencias en la contratación pública dentro cada uno de los países, y en los contratos que se lleven a cabo entre instituciones contratantes y licitadores de países distintos dentro de la propia UE. Aquí las vamos a separar en tres grupos que tienen también que ver con la mayor o menor incidencia que dichas consecuencias tienen en el objeto de este estudio:

- Las que tienen relación directa con la gestión de proyectos a lo largo del ciclo de vida del activo¹¹⁸. Estas suponen:
 - Adopción de BIM como metodología de trabajo.
 - Fomento de la interoperabilidad y el uso de lenguajes de formato abierto.
 - Fomento de estándares de normalización en pro de la transparencia, la igualdad y la no discriminación.
 - La incorporación del concepto del coste del ciclo de vida del activo, concepto íntimamente ligado a BIM y a conceptos de construcción energéticamente eficiente.

- Las que se refieren a la tramitación y las condiciones de contratación propiamente dicha¹¹⁹:
 - Reducción de la burocracia.
 - Instauración del Contrato Único Europeo o ESPD.
 - Acceso más ágil a los contratos de obra pública para las PYME.
 - Posibilidad de división de los contratos en lotes. Esto debe favorecer también el acceso de las PYME o empresas jóvenes.
 - Instauración de “procedimientos simplificados” para servicios de determinado tipo y hasta un determinado presupuesto.
 - Las que tienen como finalidad evitar contrataciones irregulares, fraudulentas o ilegales:
 - Se otorga a la autoridad contratante el derecho a rechazar una oferta anormalmente baja y difícil de justificar y/o explicar.

¹¹⁸ Este primer grupo es el que tiene una mayor relación con el objeto de este estudio.

¹¹⁹ Estas y las del siguiente tipo son consecuencias que no tienen tanta relevancia como las anteriores para esta tesis. Es por ello que no se han incluido en el análisis que de la EUPPD se ha hecho en el apartado 3 de este capítulo. Se enumeran aquí como información complementaria.

- Se otorga a la autoridad contratante la obligación de rechazar una oferta anormalmente baja si tiene indicios de ilegalidad social, laboral o ambiental.

En cuanto a las ventajas o beneficios que va aportar la nueva legislación al sector de la construcción en concreto, en realidad esto es un futurible, aunque es cierto que varios autores, corrientes de opinión e instituciones se han lanzado a hacer una estimación que pasa homogéneamente por considerar que supondrá:

- Un importante ahorro de costes para los contribuyentes. Es lo que sostenía ya la Comunicación de la Comisión Europea en 2012. Allí se afirmaba que los organismos públicos que ya habían implementado soluciones para licitación electrónica habían manifestado que ello les había supuesto un ahorro de entre el 5% y 20% del coste de licitación. Ese 5% de ahorro puede suponer en cifras absolutas cerca de los 100.000 millones de euros del erario público en Europa.
- Un impulso financiero para el sector de la construcción y las industrias afines. Aparte de que el sector de la construcción tiene un peso considerable en el PIB de la UE (el 10% aproximadamente), el interés de la Directiva de que se facilite el acceso a la contratación pública a las PYME debe contribuir a este impulso.
- Un importante impacto en el diseño sostenible en edificación. La eficiencia energética está contemplada en la EUPPD desde la consideración del coste del ciclo de vida en la evaluación de la oferta. (Comisión Europea 2012)

Capítulo 8. BIM en la formación universitaria

Como se decía en la introducción del Capítulo 7, en la Construction Strategy que el Gobierno británico publicó en mayo de 2011 se hacía pública su intención de exigir la utilización de BIM para todos los proyectos públicos, en forma de un modelo informático en 3D totalmente colaborativo con un grado de madurez de nivel 2

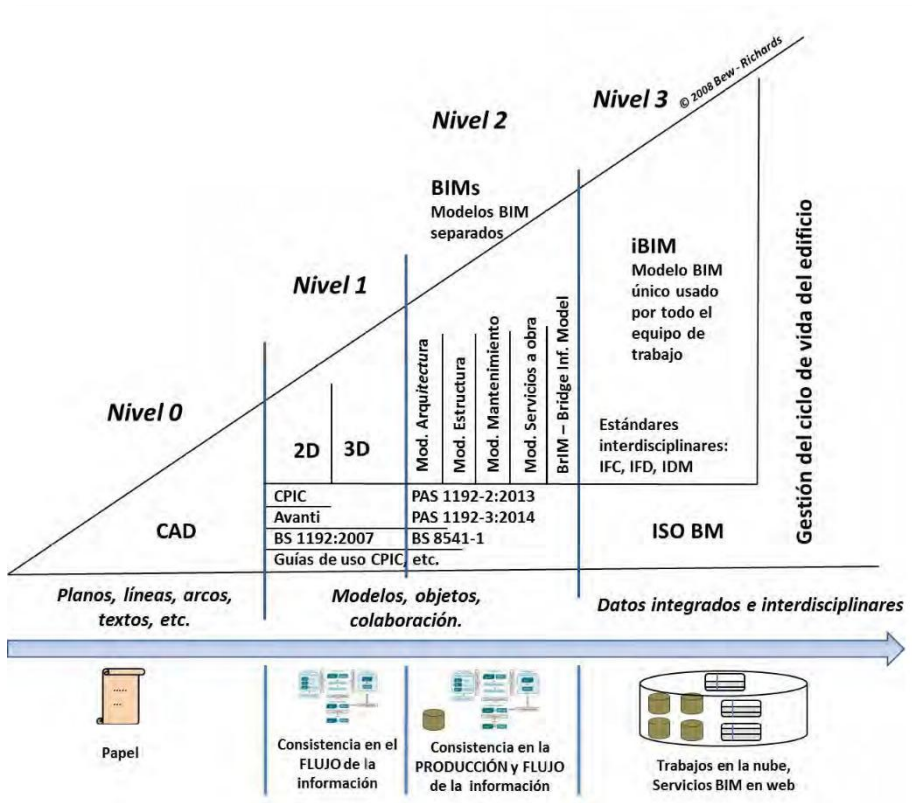


Figura 17. Diagrama Bew-Richards de los niveles de madurez BIM. 2008. Mervyn Richards y Mark Bew

(BIM Level 2). Su meta era el año 2016. Se decía también que esas acciones serían básicas para el impulso que se le daría a partir de entonces a la implementación de BIM en el proceso constructivo. Y que dicho impulso se fundamentaría principalmente en la elaboración de estándares y guías desarrolladas por el Grupo de Trabajo BIM. En Europa, y a efectos de considerar también la implementación de BIM en el proceso de contratación pública, la Construction Strategy del Gobierno británico se toma como referencia tal y como se ha podido ver en el análisis que se ha hecho de la EUPPD en el capítulo anterior.

Como se recordará, el Grupo de Trabajo en BIM está apoyando y ayudando en el cumplimiento de los objetivos de la Construction Strategy del Gobierno, y en la necesidad de fortalecer la capacidad del sector público en la aplicación BIM, con el objetivo de que todos los departamentos del gobierno central adopten, como mínimo, el llamado BIM Level 2 (de la Figura 17) en el año 2016.

Se puede decir que el BTG es lo que el gobierno llamó en un principio BIM Implementation Team. Se trataba de una estructura cuya misión inicial era promover los beneficios de BIM dentro de los distintos departamentos del gobierno. Tuvo mucho impacto y su influencia sigue creciendo a día de hoy. Dentro de esta estructura se formaron una serie de comisiones especializadas en las distintas áreas relacionadas con la adopción y la implementación de BIM. Esto incluía también al área relacionada con la formación y el aprendizaje. Desde el primer momento entendieron que los responsables de la educación y la formación debían tener implicación directa en la transformación propuesta para el sector de la construcción, ya que son los que deben garantizar las capacitaciones que a los futuros profesionales les serán exigidas por aquel. El BIM Academic Forum es uno más de esos grupos de trabajo (o comisiones) que surgieron en Reino Unido dentro del contexto del BTG. El BAF está formado por representantes de 35 universidades y del propio BTG.

El primer resultado surgido del trabajo de esta comisión fue el informe titulado *“Embedding Building Information Modeling (BIM) within the taught curriculum”* cuyo autor es Tim Platts, presidente de BAF, y que se publicó en junio de 2013. Fue el resultado de un workshop celebrado en 2012 en la University of Salford.

El trabajo colaborativo que se desarrolló a consecuencia de la hoja de ruta marcada por este primer informe dio lugar a un segundo. En este caso se trataba de un informe sobre la evaluación del estado de BIM en la educación superior. Nos estamos refiriendo al publicado en marzo de 2015 y titulado *“Current position and*

associated challenges of BIM education in UK Higher Education". Como ocurrió con la Construction Strategy, estos informes están llamados a ser los documentos de referencia en lo que a educación y formación en BIM en el resto de Europa se refiere. De hecho en España para algunos autores ya está empezando a serlo. Se analizan a continuación.

8.1. La formación en BIM en Reino Unido

La misión inicial del BIM Academic Forum se centra en proponer una hoja de ruta para incorporar el aprendizaje de BIM, en el nivel apropiado para cada una de las distintas disciplinas específicas de grado y postgrado, de manera que haga posible el desarrollo de profesionales con el nivel de conocimiento de BIM que se considere necesario. Su objetivo general es desarrollar y promover los aspectos de formación, aprendizaje e investigación de BIM a través de una estrecha colaboración y cooperación entre las propias instituciones académicas, la empresa, la industria y la administración. A este objetivo general se pretende llegar por medio de la consecución de una serie de objetivos parciales concretos, que se pueden concretar en:

- dar el máximo apoyo a la formación, el aprendizaje y la investigación en BIM,
- promocionar BIM ampliando el mercado,
- conseguir una forma de comunicación abierta que permita compartir no solo el conocimiento, sino también experiencias, estudios u opiniones,
- promover la colaboración entre las instituciones de educación y otros agentes, por medio de actividades conjuntas, sobre todo, por medio de proyectos de investigación,
- configurarse como el portavoz del sector académico, de forma que sea capaz de influir en cuestiones de política, financiación, agendas, etc.,
- y por último, aunando esfuerzos y acciones, evitar duplicidades estandarizando los procesos de implementación en los programas docentes, dentro de la variedad.

8.1.1. Resultados del trabajo del BIM Academic Forum

Uno de los primeros resultados del trabajo del BAF fue lo que se recoge en el mencionado informe titulado **“Embedding Building Information Modeling (BIM) within the taught curriculum”** a partir de un workshop celebrado en la University of Salford en 2012 al que asistieron representantes de 20 universidades del país.

Entre los objetivos del taller estaba el brindar la oportunidad a los asistentes de escuchar los últimos desarrollos estratégicos del equipo BIM del Gobierno. En este sentido se habló de la escasa regulación que existía sobre la producción y uso de la información relativa a BIM en el Reino Unido. Se hizo referencia a la regulación producida por el Instituto Americano de Arquitectos (AIA), las Construction Operations Building Information Exchange (COBie), así como al dominio del proveedor líder de software BIM, Autodesk. Todo ello porque ha sido tomado como referencia para el impulso que se había dado en Reino Unido a la redacción de normas pertinentes y a la investigación. Se habló también de la creación del Equipo de Implementación BIM que incluía al grupo de trabajo para la formación y la educación, el cual había contado con la representación de las Instituciones de Educación Superior¹²⁰, organismos de aprendizaje y el Consejo de la Industria de la Construcción (CIC). Y por último se habló de cómo todo este trabajo desde el gobierno había dado lugar a la redacción de guías de estándares del Reino Unido, como, por ejemplo el Building Information Mode (BIM) Protocol, CIC 2013. Así presentaron pues el contexto en el que el BAF se había establecido para tratar de dar una respuesta coordinada e integrada del sector de la educación superior.

El segundo de los objetivos era que los participantes se hiciesen una idea de la labor del BAF y del BTG sobre educación.

Por último, y más importante, el tercer objetivo era trabajar en grupos para estudiar y definir los resultados de aprendizaje o competencias en los niveles 4, 5, y 6 de grado y en el nivel 7 ya en el postgrado. Entre los asistentes había representantes de instituciones responsables de dos programas de máster y las siguientes disciplinas:

- Gestión de la construcción y Gestión de proyectos y diseño de la construcción.
- Tecnología de la arquitectura.
- Ingeniería de servicios de construcción.

¹²⁰ Instituciones de Educación Superior, en adelante IES.



- Mediciones, presupuestos y costes.
- Arquitectura.
- Ingeniería civil.

De los puntos de vista y las opiniones expresadas por los asistentes sobre los resultados de aprendizaje o competencias necesarias en los programas de los niveles 4, 5 y 6 (grado) y 7 (postgrado) de la educación superior en el sector de la construcción se elaboró el resumen de la tabla de la Tabla 7.

Así, a partir de lo indicado en la dicha Tabla 7, se podría interpretar que los objetivos clave a conseguir durante el Nivel 4, esto es, en el primer curso del grado, son proporcionar toda la información necesaria sobre el contexto y los antecedentes de la industria de la construcción que permitan al estudiante responder a la pregunta de por qué existe la necesidad de mejoras significativas en la productividad frente a las formas de trabajo históricas y tradicionales que hasta ahora han prevalecido. Esto debe proporcionar así mismo al estudiante una visión que le permita apreciar cómo funciona la industria de la construcción, las principales funciones y disciplinas que participan en la elaboración de los proyectos y en la ejecución de las obras, llegando a ser capaz de identificar la naturaleza y el papel de los diferentes agentes o actores. También debe incluir una introducción a la forma en la que se prepara, se comparte y se publica la información de un proyecto. Es necesario así mismo proporcionar al estudiante una introducción a las tecnologías que se emplean para apoyar a la metodología BIM y para promover el trabajo colaborativo.

Con respecto al segundo nivel del grado, es decir el 5, los resultados tienen como objetivo desarrollar el conocimiento y la comprensión del papel de BIM como conductor de negocios para el trabajo colaborativo dentro de una cadena de suministro integrada, teniendo en cuenta las funciones y responsabilidades de cada uno dentro del enfoque BIM.

Nivel	Conocimiento y comprensión	Aplicación	Transmisión
	<i>Grado</i>		
4	La importancia de la colaboración El negocio de BIM	Introducción de la tecnología BIM a través de las asignaturas	BIM como proceso / tecnología / agentes / política

Nivel	Conocimiento y comprensión	Aplicación	Transmisión
5	Conceptos BIM en los procesos constructivos Agentes interesados en la gestión Integración en la cadena de suministro	Uso de las representaciones visual Herramientas y aplicaciones BIM Atributos de un sistema BIM	Valor, ciclo de vida y sostenibilidad Plataformas SaaS ¹²¹ para proyectos. Trabajo colaborativo La comunicación en el seno de equipos multidisciplinares
6	BIM a través de las asignaturas Regulación del marco contractual y legal Cambios en el personal de gestión	Conocimientos técnicos: Estructuras y materiales Sostenibilidad	Procesos y gestión: Entrega de proyectos con BIM Flujos de datos e información Protocolos y estándares BIM
Postgrado			
7	Trabajo colaborativo, BIM, gestión de la información y su aplicación en el sector de la construcción Consecuencias comerciales, legales, contractuales, etc. Gestión del de-risk ¹²² con BIM y la gestión del riesgo. Comprender la naturaleza de las prácticas industriales actuales. Entrega sin incidentes: su importancia para el cliente Comprender la gestión de la cadena de suministro Gestión del ciclo de vida de los activos BIM, rendimiento de explotación, etc.	Trabajo colaborativo, BIM, gestión de la información y su aplicación en el sector de la construcción Consecuencias comerciales, legales, contractuales, etc. Proyectos de-risk con BIM y la gestión del riesgo. Comprender la naturaleza de las prácticas industriales actuales. Entrega sin incidentes: su importancia para el cliente Comprender la gestión de la cadena de suministro Gestión del ciclo de vida de los activos BIM, rendimiento de explotación, etc.	Aplicación de los niveles de proyecto Interdisciplinariedad y trabajo en equipo. Importancia de la comunicación efectiva y de la interacción humana en la toma de decisiones. Mapeo del proceso y reestructuración de los procesos de negocio (BPR) Cambios en la gestión y en las brechas culturales. El pensamiento a nivel directivo: estratégico, tecnológico, directivo. Habilidad para evaluar las barreras que se le presentan a BIM en diferentes niveles, por ejemplo corporativo, de proyecto, etc.

Tabla 7. Competencias BIM para la educación superior. 2015. Traducción e interpretación propia a partir de Platts, 2013.

Los estudiantes deben ser capaces de investigar y articular el valor de la propuesta BIM desde la perspectiva de cada parte. Además deben ser capaces de considerar

¹²¹ SaaS, del inglés Software as a Service. Se suele traducir como Software como un servicio y en ocasiones se utiliza su acrónimo Scus. Se refiere a un modelo de distribución de software en el cual el soporte lógico y los datos manejados están alojados en el servidor y el usuario accede vía Internet.

¹²² De-risk es hacer algo más seguro reduciendo la posibilidad de que algo malo ocurra y aparezcan pérdidas económicas, esto es, minimizar los riesgos de un proyecto.

el impacto de BIM en términos de ciclo de vida y el costo de vida entera en los proyectos.

Y por último consideraron que el tercer año o Nivel 6 del grado, se debía enfocar más a la construcción de competencias y el conocimiento en torno a las personas, los sistemas y los procesos que son necesarios para que BIM sea implementado con éxito en los proyectos. Esto debe incluir la capacidad de articular plenamente los beneficios de BIM. Deben adquirir conciencia y apreciar plenamente el impacto cultural y organizativo que supone, tanto para las personas como para el resultado práctico y el propio proceso, el cambio necesario para la adopción de BIM. En la misma línea deben adquirir conciencia de los cambios prácticos necesarios para la aplicación BIM. Esto es, comprender plenamente las tecnologías disponibles, los medios para el intercambio de datos, las normas y protocolos. Por último, deben tomar plena conciencia de las nuevas formas de trabajar en equipos multidisciplinares, de los proyectos integrados y de los entornos de trabajo colaborativo, imprescindibles para que pueda llevarse a cabo la plena transición a BIM.

En resumen según BAF (Platts 2013), se espera que los resultados de aprendizaje básicos para los estudios de grado y los de postgrado¹²³ sean diseñados para facilitar el conocimiento y la comprensión, las habilidades prácticas y las habilidades transferibles. Sin embargo, hay un problema latente: estos resultados o competencias corren el riesgo de no alcanzarse si no se valoran y no se abordan los obstáculos que las propias universidades plantean, o quizá presentan de forma inconsciente, a la implementación de BIM en sus programas docentes.

El segundo informe se ha publicado, como hemos dicho, en 2015 y su título es ***“Current position and associated challenges of BIM education in UK Higher Education”***. Hasta este momento en el Reino Unido, se han hecho importantes progresos en cuanto al apoyo dado a la implementación de BIM en el sector productivo a través de estándares y guías como las que han sido desarrolladas por el BTG. Sin embargo, existen obstáculos entre los objetivos BIM del sector de la construcción y los posibles objetivos BIM de las instituciones académicas de educación superior, esto es, las universidades. Para ellos es necesario identificar estos obstáculos y abordarlos. Parece que la superación de los mismos pasa por dar una respuesta proactiva y coordinada de las universidades hacia inclusión de BIM en sus propuestas curriculares y programáticas. Lo que recoge dicho informe es el

¹²³ Corresponden a Level 4, 5, y 6 y Level 7 respectivamente de los estudios superiores en el Reino Unido.



resultado de un estudio realizado por el BAF que, en pro de buscar esa respuesta, se centró en las siguientes cuestiones clave con respecto a la implementación del aprendizaje y la capacitación en BIM en dichas instituciones.

- Cómo responden y reaccionan los responsables de la enseñanza, formación y aprendizaje frente al inicio del aprendizaje y la capacitación en BIM en las IES.
- Descifrar las áreas de interés que tiene BIM para las IES.
- Verificar los indicadores o elementos que han de formar parte de una matriz que evalúe la disposición para con BIM de los responsables de las IES.
- Identificar de los factores que influyen en las actitudes, la percepción y las inclinaciones de comportamiento inherentes en IES (Clarke 2008).

Si el objetivo general del estudio era evaluar el estado actual y los desafíos que presenta la implementación de BIM en la educación superior, conseguirlo sería posible a través de estos objetivos específicos:

- Comprender los requerimientos BIM y su desarrollo desde la doble perspectiva de la industria y la educación superior.
- Explorar los temas antes mencionados con respecto al estado actual y los desafíos asociados de educación en BIM en Reino Unido, tanto a partir de la literatura como por medio de talleres, seminarios y entrevistas.
- Identificar los indicadores clave necesarios para investigar el estado actual y los desafíos asociados a la educación en BIM en Reino Unido.
- Desarrollar y actualizar la matriz de impacto de BIM en la enseñanza/formación (BTIM) para las instituciones académicas de educación superior.

La herramienta utilizada fue un cuestionario que se envió electrónicamente a individuos pertenecientes a diversos colectivos profesionales y a personal académico de 35 universidades del Reino Unido.

Se analizaron las transcripciones de las consultas hechas en aquellos grupos de trabajo, lo cual derivó en un mapa conceptual con las áreas temáticas que se han comentado y se determinaron los respectivos indicadores de evaluación de cada

uno de los temas relacionados con la educación de BIM en la educación superior del Reino Unido. A partir de ahí se diseñó el cuestionario¹²⁴.

- Definición de los perfiles participantes y del conjunto de la muestra.
 - Representación de BIM en el sector de la construcción.
- Estado de BIM en las instituciones académicas de enseñanza superior.
 - Evaluación de los niveles de desarrollo (maturity) en BIM.
 - Necesidad de aprendizaje en nuevas técnicas en las IES: Niveles de representación BIM.
 - Tendencias en la adopción de aplicaciones y herramientas BIM: consecuencias para el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y para la comunicación mediante ordenadores (CMC).
 - Incorporación del currículo BIM.
 - Niveles de desarrollo en la estrategia de entrega en BIM.
 - Tiempo de implantación de BIM: su impacto en los niveles de desarrollo de BIM.
- Estrategia de adopción de BIM.
 - Comprensión de los componentes BIM: la consecuencia del nivel de experiencia en BIM.
 - Evaluación de la contratación externa: su consecuencia en los niveles de desarrollo y de experiencia en BIM.
 - Estrategia de transición a BIM (resultados de aprendizaje previstos por BAF).
 - La competencia y otros proveedores de educación.
- Conciencia BIM y asuntos relacionados
 - Conciencia de la política en BIM.
 - BIM y las instituciones de educación superior.
 - Comprender la relevancia de BIM en el desarrollo de la política de construcción.
 - Estrategia de transición a BIM de las IES
- Consecuencias generadas

¹²⁴ En este punto hay que señalar que en el informe no aparecen en ningún momento las preguntas literalmente.

- Aceptación de los efectos negativos de prever resultados de aprendizaje prematuros y poco realistas para BIM en las IES.
- Aceptación de evaluaciones de BIM más prácticas y con la industria como referente frente al enfoque teórico.
- Aceptación de las consecuencias de coste que tienen los resultados de aprendizaje previstos para algunas disciplinas como contraproducente para la penetración de BIM en el plan de estudios del IES.
- Identificación de los efectos negativos que tiene la escasez de resultados de aprendizaje en BIM diseñados específicamente para la preparación al empleo en determinados roles de la industria.
- El nivel de comprensión de la relevancia de BIM en la política general de la construcción (percepción de futuro).

El informe realiza una detallada exposición de los resultados obtenidos para todas las preguntas y con los resultados de su análisis se elaboró una matriz que llamaron BTIM o matriz del impacto de la enseñanza-aprendizaje en BIM, que se adjunta literalmente en la Figura 18.

Los entrevistados se dividieron en primera instancia en tres grupos según su experiencia en BIM proviniese de la industria, del ámbito académico o de ambos simultáneamente. Posteriormente, para el análisis, se dividirían en otras categorías (por edades, disciplinas, nivel de experiencia en BIM, etc.). Había preguntas de formato simple y compuesto. En total se recibieron 98 cuestionarios respondidos, de los cuales 33 estaban incompletos. Los cuestionarios incompletos correspondieron principalmente a entrevistados que manifestaron un nivel más bajo de experiencia en BIM. (Underwood, Ayoade 2015)

De los cinco apartados en los que se estructura la matriz vamos a detenernos en primer lugar y con más detalle en aquella en la que se analiza el estado actual de BIM en la enseñanza superior en el Reino Unido por ser la que nos va a servir de base para los siguientes capítulos.

El 80% de las respuestas de esta área fueron dadas por **individuos** con responsabilidades de gestión, desde responsables de asignatura (50%) hasta directores de centros de investigación (10%), pasando por responsables de curso, escuelas o facultades, departamentos, etc. No lo apunta el estudio pero quizás el hecho de que las respuestas viniesen mayoritariamente de responsables de asignatura, esto es, de las unidades básicas de la estructura académica, podría

BTIM	CURRENT POSITION OF BIM IN HEI ELEMENTS	ASSESSMENT PARAMETERS/ELEMENTS	Absent/ Very Low	Aware/ Low	Infused/ Average	Embedded/ High Very High
Structure	BIM Awareness	BIM policy awareness		X		
		BIM and institution accreditation		X		
		Relevance of BIM in construction			X	
		BIM HEI Transition strategy			X	
	State of BIM in HEI	Assessment of BIM maturity levels		X		
		Need for upskilling				X
		Software adoption trends (choice variability)	X			
		BIM curriculum incorporation		X		
		Maturity levels of BIM delivery			X	
		Length of BIM inception		X		
Staff	Defining Staff Resource	Staff academic position				X
		Built environment BIM representation			X	
		Age classification				X
Infrastructure and curriculum research gap	BIM Adoption Strategy	Perception of BIM components (consistency)	X			
		External engagement assessment	X			
		BIM transition strategy (BAF ILO)		X		
		Competition and alternative providers				X
	Generation Implications (Strategic Considerations)	The recognition levels of the impact of premature and unrealistic BIM ILO				X
		The recognition levels for more practical and 'industry relevant' BIM assessments				X
		The recognition levels of the cost implications of discipline specific specialisation of BIM ILO				X
		Identification levels of the negative impact of lack of bespoke BIM ILO on employment readiness				X
		The level of understanding the relevance of BIM in overall construction policy (future perception)			X	

Figura 18. BTIM o matriz del impacto de la enseñanza-aprendizaje en BIM. 2013. Underwood

indicar que es a ese nivel, al más bajo, casi personal, donde hay más interés o implicación por la integración de BIM.

A la pregunta sobre el **nivel de madurez** en el que se mueven las instituciones o departamentos, por supuesto prácticamente la totalidad afirma tener un nivel alto para BIM Level 0¹²⁵ y bastante desarrollado para BIM Level 1¹²⁶. Los resultados

¹²⁵ BIM Level 0: No hay colaboración. Solo se trabaja en CAD 2D. La salida y distribución y compartición de la información es exclusivamente a través de papel, papel electrónico o una mezcla de ambos.

¹²⁶ BIM Level 1: Es una mezcla de CAD 3D para el trabajo de concepto y CAD 2D para la elaboración de la documentación necesaria para su aprobación legal y la producción (planos de proyecto) basada en el estándar británico BS 1192:2007. El intercambio electrónico de datos se lleva a cabo desde un entorno común de datos

indican que son el doble los que se consideran con un nivel medio o ligeramente por debajo de la media (67%) para BIM Level 2¹²⁷ que los que confiesan estar en un nivel muy poco desarrollado para el mismo BIM Level 2, que como se ha dicho es el objetivo del gobierno para el 2016.

El siguiente aspecto que se midió fue el **interés que por BIM** se tiene en cada una de las 10¹²⁸ disciplinas en las que los autores consideran dividido el sector. El análisis de estas respuestas, en la Figura 19, debía aportar datos sobre la necesidad que de mejorar sus capacidades tienen las disciplinas. Así refleja que, al margen de arquitectura y las disciplinas de construcción, el interés por la incorporación de BIM a los estudios superiores es bajo en general. Arquitectura y Tecnología de la Arquitectura muestran el interés más alto. Les siguen Construcción, Mediciones y presupuestos (Gestión de costes) y Gestión de Inmuebles en ese orden. El resto manifiesta un bajo interés (por debajo del 20%).

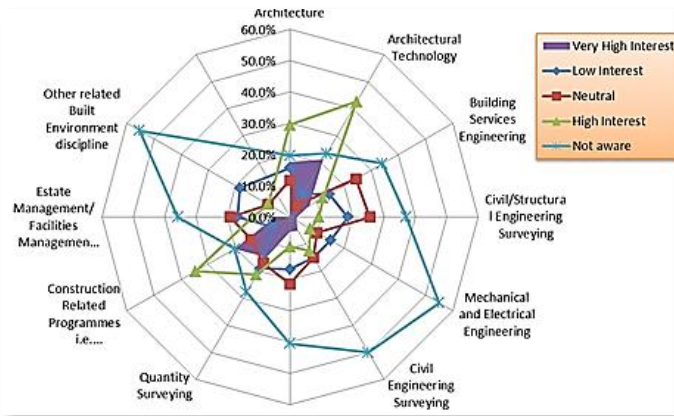


Figura 19. Interés por BIM en función de las disciplinas. 2015. Underwood.

Se preguntó también por el **software** mayoritariamente empleado. Es evidente que domina el paquete de Revit (Architecture, Structure y MEP) y Navisworks, esto es, Autodesk, y por otro lado SketchUp de Trimble. Lógicamente esta tendencia se debe al grado de interoperabilidad existente entre los distintos software. El estudio

(CDE, Common Data Environment) a menudo gestionado por el contratista. No hay colaboración entre las distintas disciplinas. Cada cual publica, mantiene y gestiona sus propios datos.

¹²⁷ BIM Level 2: Es fundamentalmente trabajo colaborativo. Todas las partes utilizan sus propios modelos CAD 3D. La información de diseño se comparte a través de un formato de ficheros común que permite a cualquier organización interviniente en el proceso ser capaz de combinar esos datos con los propios con el fin de llevar a cabo sus controles. De ahí que el/los software que cada parte utilice debe ser capaz de exportar de/importar a un formato de archivo común. (recordatorio)

¹²⁸ La número 10 es la que los autores denominan "Otras disciplinas afines o relacionadas con la Construcción".

intenta buscar una relación entre las distintas preferencias de software y las **edades** de los usuarios pero no logra encontrarla.

Por otro lado, sí que encuentra una razón relacionada con la edad, cuando se trata de aceptar la tendencia imperante de los **desarrollos curriculares eminentemente prácticos**. Los individuos pertenecientes a generaciones que han adoptado la tecnología digital siendo adultos muestran mayor escepticismo a este formato curricular. Sin embargo, a nuestro entender esto no tiene relación directa con BIM, sino más bien con la propia metodología docente y la poca experiencia que esa franja de edad posiblemente tiene con ella.

Al respecto de la **incorporación de BIM al currículo** de las distintas disciplinas, las 10 anteriores, el resultado es el de diagrama de barras de la Figura 20.

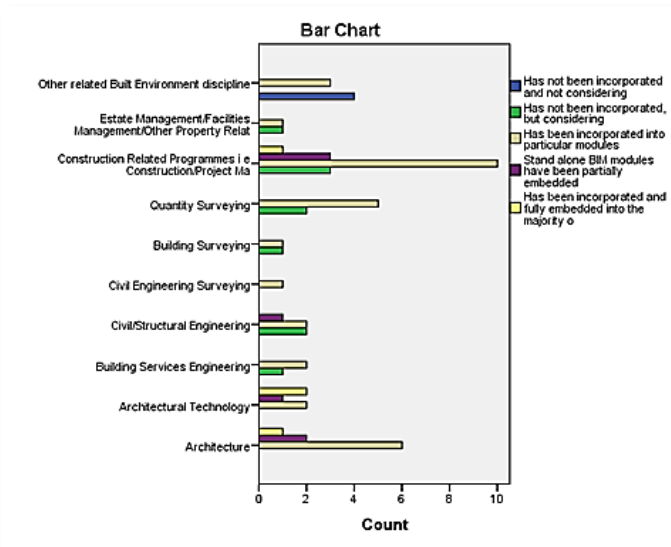


Figura 20. Incorporación de BIM al currículo por disciplinas. 2015. Underwood.

Los resultados indican que en un 24% de los programas no se ha incorporado en absoluto. Es más, de ellos hay casi un 7% en los que ni siquiera se ha considerado el hacerlo. Son una leve mayoría los que lo han incorporado en asignaturas sueltas (57%) y bastantes menos los que han creado asignaturas específicas en sus programas (20%). Solo el 7% manifiestan que tienen BIM totalmente integrado. Podemos hacer una aportación a este análisis diciendo que por disciplinas, en las únicas en las que se encuentran respuestas afirmativas al respecto de una incorporación completa son Arquitectura, Tecnología de la Arquitectura, Ingeniería

Civil/Estructuras y Construcción. Todas las demás, en un grado u otro, han incorporado BIM a alguna asignatura. Únicamente se reciben respuestas en el sentido de no estar ni siquiera considerando hacerlo en la disciplina número 10, es decir, la que el estudio ha llamado “Otras...”. Sin conocer nosotros exactamente a qué disciplinas se está refiriendo, nos atrevemos a decir que debe tratarse de disciplinas eminentemente teóricas en las que debe darse el caso de que BIM ni siquiera pueda ser de aplicación, pero el análisis de resultados que hace el estudio no lo aclara.

Muy relacionada con la anterior, es decir con la estrategia adoptada, está la cuestión del **tiempo** que lleva cada institución consultada en esa estrategia de integración de BIM hasta el momento actual y su relación con el nivel de madurez alcanzado. Evidentemente la correlación es positiva: cuanto más tiempo lleva BIM incorporado a los programas mayor es el nivel de madurez alcanzado para garantizar competencias en BIM Level 2. Sin embargo, para lo que a esta tesis ocupa, también nos interesa el tiempo como referencia, es decir, el tiempo en valor absoluto. Así el estudio revela que de las 35 universidades e instituciones de enseñanzas superiores del Reino Unido, el 57% hace 3 años que tienen incorporado BIM a sus currículos de una forma u otra. Hay un 12% de ellas que ya lo tenían desde hace 6 años. Son el 7% los que manifiestan haberlo hecho hace más de 6 años, y el 3% incluso empezaron a hacerlo hace más de 10 años.

El otro apartado, de los cinco en los que se estructura aquella matriz del impacto de la enseñanza-aprendizaje en BIM, es el que analiza la estrategia de adopción de BIM que tiene mucho que ver con la relación de las instituciones de enseñanza y la industria.

En primer lugar se midió la importancia que los encuestados daban a cada uno de los **“componentes BIM”**, esto es a las personas o agentes, a la información o los datos, a los procesos y a la tecnología. En valores absolutos se puede decir que en general a lo que más importancia se le da es a las personas. En valores relativos, hay que señalar que aquellos con mayor experiencia en BIM son los que más valor le dieron al componente tecnológico, el cual en la valoración global había quedado segundo junto con el factor información, y lejos del valor dado a las personas. Con respecto al nivel de implicación que las instituciones de enseñanza o sus representantes encuestados manifestaron tener con la industria del sector, en general se deduce bajo. Sin embargo, aumenta cuanto mayor es el nivel de desarrollo BIM alcanzado (Level 0, 1, 2 o 3) y cuanto mayor es el tiempo que BIM lleva integrado en los programas curriculares de la institución.

Para terminar, y considerando otras cuestiones más generales, se pueden añadir estas **otras** dos conclusiones significativas:

- Está muy generalizado el apoyo a la formación y a la acreditación en BIM sobre todo de cara a mejorar la empleabilidad de los egresados. Sin embargo, el nivel de convicción por el cambio real no es tan palpable. Evidentemente esto denota cierta postura expectante frente al futuro, o es la consecuencia de lo que se explica en el siguiente punto.
- En el país que se toma como referencia en el resto de Europa para las estrategias de la implementación de BIM, no solo en el ámbito profesional y productivo sino también en el educacional, el 40% de los encuestados no se considera adecuadamente informado sobre BIM. Tampoco dice estarlo sobre la estrategia de implementación de su gobierno. Esto es más significativo si cabe, teniendo en cuenta que la muestra respondía a individuos con alguna experiencia profesional, académica, o profesional y académica con BIM.

Con respecto a la postura que deben tomar las instituciones para adoptar BIM en sus currículos respecto de las demandas de la industria, en postgrado las opiniones estaban claramente divididas entre los que defendían una postura agresiva, proactiva para liderar el cambio y los que por el contrario una postura más cautelosa de cambio reactivo ante el avance de la industria, o como mucho a su ritmo. En los estudios de grado el 44% defendían que sea la universidad la que lidere, y el resto a partes iguales, defienden hacerlo al ritmo de la industria o siguiendo de forma reactiva.

Una vez analizados los dos informes, por una parte *“se puede decir que los resultados del estudio no son especialmente buenos pero, con este informe nos sacan bastante recorrido, porque sobre todo, ellos tienen un Plan, del cual nosotros en España carecemos”* (Liébana Carrasco 2015); y por otra, que no se sabe si también en la práctica nos sacan la misma ventaja si no se hace un recorrido por las ofertas formativas de las distintas universidades del Reino Unido para conocer el nivel de implantación real de BIM en los estudios de grado, de posgrado y en la investigación académica.

8.1.2. La formación en BIM en las universidades del Reino Unido

No es el objetivo de esta tesis el conocer con extremo detalle el nivel de implantación real de BIM en los programas docentes del Reino Unido si no es por

tomarlos como referencia, al igual que se ha hecho en Europa con la Construction Strategy. De manera que de todas las universidades que participaron en los estudios anteriores (Figura 21), se han elegido varias por representativas¹²⁹, se han estudiado sus ofertas académicas a través de sus respectivos sitios web a fecha de enero de 2015 y este es el resumen de lo obtenido:

- London South Bank University. En el grado de Architectural Technology BIM es una asignatura de 2º curso junto con el diseño 3D, es decir, solo como herramienta de diseño. En el resto de los grados relacionados con la construcción y la ingeniería de edificación, BIM aparece en la parte práctica formando parte de talleres. Desde el punto de vista de la investigación en BIM, la universidad cuenta con una estructura específica de investigación: The BIM Center que pertenece al Department of the Built Environment de la School of Built Environment and Architecture. <http://www.lsbu.ac.uk/>
- University of Salford. Allí tuvo lugar alguno de los encuentros y uno de sus profesores, que formó parte del comité inicial del BAF, es autor del segundo informe. Sin embargo, la búsqueda realizada en esta universidad nos indica que arquitectura y construcción no se encuentran en su oferta docente. Sí la ingeniería civil y de las estructuras. <http://www.salford.ac.uk/>

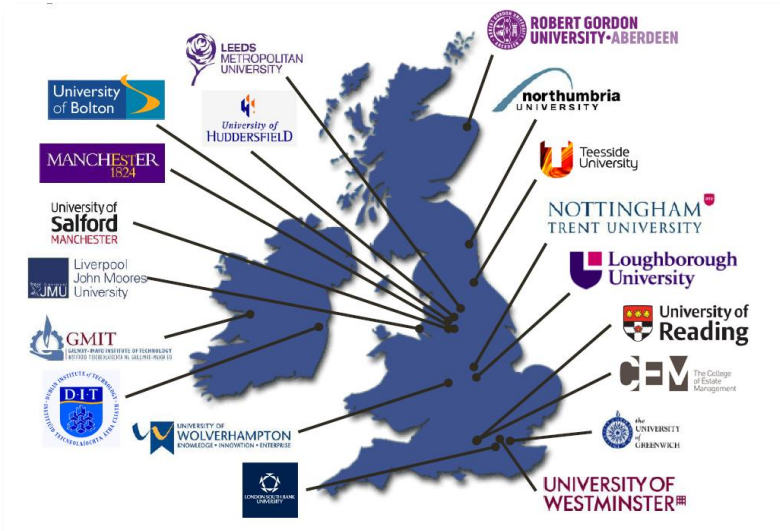


Figura 21. Instituciones miembros iniciales del BAF. 2013. Underwood

¹²⁹ En este orden, una de Londres, cinco del resto de Inglaterra (dos de ellas por su significativa presencia en los talleres), y dos de Irlanda.

- Loughborough University. Fue sede de otro de los talleres que dieron lugar a los informes. Los cursos que oferta la School of Civil and Building Engineering tienen como obligatorias asignaturas de CAD en 2D y 3D. Sin embargo, BIM es opcional en el último curso del grado en todas las titulaciones de arquitectura y construcción que se ofertan y también en los másteres. Lo es en forma de asignatura básica y de introducción a la metodología. Por otra parte, cuentan con líneas de investigación en BIM, como la que da lugar a un proyecto titulado “*BIMhud. A learning hub for international problem based learning*”. <http://www.lboro.ac.uk/>
- Northumbria University. De todas las estudiadas es en la que BIM tiene mayor presencia, más madura y en todos los niveles. En el grado Architectural Engineering (BEng) ya se introduce BIM en el primer curso como modelado paramétrico. En el grado Architectural Technology (BSc Hons) se introducen los principios de la metodología en el segundo curso y la gestión de la información en el cuarto¹³⁰. Hay dos titulaciones, Building Surveying (BSc) y Quantity Surveying (BSc), en las que BIM se introduce en el primer curso a un nivel muy básico, pero que después, en el segundo curso, desarrollan un proyecto común interdisciplinar para trabajar esta habilidad y formar en la competencia del trabajo colaborativo, la comunicación y, claro está, la interdisciplinariedad. Ofrecen un Máster en BIM, uno de BIM Design Management, y un certificado de posgrado en BIM. En cuanto a la investigación se refiere, cuentan con una línea de investigación en Building Information Management además otra en BIM, ambas dentro de un área más amplia de investigación en Architecture and Built Environment. <https://www.northumbria.ac.uk/>
- University of Wolverhampton. No aparece referencia a BIM en los módulos de los grados del área de Built Environment, pero cuentan con un posgrado con Certificado en BIM. Tampoco aparece ninguna línea de investigación específica de BIM. <http://www.wlv.ac.uk/>
- Liverpool John Moores University. No se introduce BIM en los módulos que forman parte de los grados, pero sí en el posgrado en formato máster. Tampoco se han localizado líneas de investigación específicas en BIM. <https://www.ljmu.ac.uk/>
- Dublin Institute of Technology. La página web de esta universidad irlandesa informa de que BIM se encuentra integrado en sus grados, pero de la lectura de los títulos de sus módulos no se desprende que se haya hecho

¹³⁰ Tiene un cuarto curso porque se trata de un grado extendido a máster.

como asignaturas específicas. De manera que se debe tratar de una integración transversal. Ofrece también máster en BIM, y los diplomas y certificados de los cursos de posgrado en BIM. <http://www.dit.ie/>

- Galway Mayo Institute of Technology. Ofrecen un Higher Diploma in Engineering in Building Information Modeling a cursar después de los grados. Todos ellos tienen BIM integrado en el segundo curso como herramienta de diseño junto con CAD. No se ha localizado en la documentación consultada ninguna línea de investigación en BIM de forma específica. Sin embargo sí que cuenta la universidad con un importante proyecto de investigación en Lean para PYMES. <http://www.gmit.ie/>

Sin pretender en ningún momento que se considere este breve recorrido como un análisis exhaustivo del nivel real de implantación de la metodología BIM en los estudios de grado en el Reino Unido, sí que se considera que se está en disposición de resaltar lo siguiente a modo de conclusiones:

- La implantación de BIM en la universidad del Reino Unido es bastante irregular y heterogénea.
- Si tiene presencia en los programas de grado la tiene como herramienta de diseño en 3D o a nivel de introducción de fundamentos básicos de la metodología.
- Cuando está implantada lo está seguro en el posgrado concretamente a nivel de máster, de lo cual se puede deducir que en todos los casos se empezó implantando a ese nivel.
- Es en los programas de máster cuando aparece BIM colaborativo, BIM estructural, MEP.
- No se ha detectado ningún programa (ni de grado ni de posgrado) en el que se haga referencia a BIM en relación a la fase de explotación del edificio y su mantenimiento.
- Tampoco la investigación en BIM aparece como una constante ni de forma específica todavía en todas ellas, aunque es cierto que existen algunas estructuras especializadas.
- Cuestiones como el trabajo colaborativo, la gestión de la información, la comunicación entre agentes, los propios agentes, el flujo de trabajo, el ciclo de vida del edificio, los métodos de trabajo, etc., cuando aparecen en las tablas de objetivos y competencias de los diferentes grados, no van en la mayoría de los casos ligados a competencias o habilidades BIM.

- En ningún programa se alude a ningún software o aplicación BIM, de ningún proveedor.

Como cuestión paralela reseñar que prácticamente en ningún programa de grado en arquitectura de los analizados aparece referencia alguna a BIM. Pensamos que se puede deber al hecho de que este en el Reino Unido sea un grado de la rama del arte (BA).

8.2. La formación en BIM en el resto de Europa

Los datos objetivos de lo que ocurre en Europa a nivel de estrategias de implantación de asignaturas con contenido BIM en los estudios universitarios son de gran interés para el conjunto del EEES en el que nos encontramos. Suponen una información que la comunidad educativa universitaria europea necesita conocer, compartir y utilizar en beneficio de todos. En ese sentido un trabajo colaborativo a nivel europeo que evalúe el nivel de madurez BIM de todas aquellas instituciones de educación superior en la rama AEC se hace preceptivo.

Ahora bien, desde el ámbito de esta tesis, se dan unas circunstancias que permiten justificar que ese interesante y necesario análisis global del estado de la cuestión en Europa se pueda dejar para futuras investigaciones. Estas circunstancias son las que siguen:

- La tesis se circunscribe al ámbito de la universidad española. La propuesta que se pretende hacer lo va a ser a partir de la ORDEN ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico, del Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno Español; del “Libro Blanco. Título de Grado en Ingeniería de Edificación”; y como alternativa a la “Memoria para la solicitud de verificación del Título de Grado en Ingeniería de Edificación por la Universitat Politècnica de València”.
- Dado que a nivel legislativo, tanto para el Consejo Europeo como para el Gobierno Español, la referencia y modelo han sido las iniciativas del Gobierno del Reino Unido, se entiende totalmente adecuado que en esta tesis sea también el Reino Unido la referencia cuando se habla de

regulación de los procesos, normalización y legislación de la aplicación de la metodología BIM.

- En la misma línea, dado que en el Reino Unido se han llevado a término experiencias de consulta, análisis y valoración y exposición de resultados de la implantación de BIM en los estudios de grado, y que además han sido publicados, también se ha considerado lo más pertinente seguir en este estudio la estela de lo analizado allí. Por esa razón, se ha ido un poco más allá de los resultados expuestos en los dos informes del BAF analizados. Aquí sí que se han recogido datos objetivos, haciendo un estudio no exhaustivo de algunas de las universidades británicas más representativas. Pero sin otra intención que la de incluir una representación de algunos casos que se han dado en el país al que Europa toma como referencia cuando de regular e institucionalizar la integración de BIM en los procesos y en la universidad se trata. Los resultados de este estudio se han visto en el último punto del apartado anterior.
- Los resultados tanto de los informes BAF como del rastreo realizado por la oferta BIM en los estudios superiores británicos, nos demuestran que el nivel de madurez BIM en la universidad británica es bastante irregular, heterogéneo y, desde luego, no global y ni consolidado.
- Se conoce el nivel de madurez BIM en los procesos en el resto de Europa y del mundo a través de numerosos estudios publicados al respecto como el llevado a cabo por un equipo de investigación del Politécnico di Milano (Di Giuda, Villa 2015). Una de las conclusiones del mismo es que ese nivel de madurez es para Europa y el resto del mundo más bajo que en Reino Unido, salvo excepciones, como Finlandia y los países nórdicos. Y, como en Reino Unido, irregular, heterogéneo y desde luego ni global ni consolidado. Es de suponer que en la universidad ocurre exactamente lo mismo.
- Para no dejarlo en una mera suposición, o como conclusión extraída paralelamente a lo que ocurre en el sector de la construcción y en el ámbito de la legislación, se podía haber hecho un rastreo representativo similar al que se ha realizado para la universidad británica. Sin embargo la razón que nos ha hecho desistir finalmente ha sido el tiempo que hubiera sido necesario para indagar en los numerosos y variados planes de estudio de todas las titulaciones de AEC de todas las universidades politécnicas en cada uno de los países miembros del CE. El tiempo necesario hubiese rebasado la planificación de esta tesis y los resultados se prevén no demasiado significativos para los objetivos de la misma.

8.3. La formación en BIM en EEUU

La referencia constante para Europa en lo que a implantación de la metodología BIM en el sector productivo ha sido sin duda alguna Estados Unidos. Lo ha sido en cuanto a normativa, estándares, etc., se refiere.

En el campo de la formación, las estrategias de integración de BIM en los estudios universitarios en las universidades norteamericanas son material de estudio y referencia para investigadores de las propias universidades de EEUU y de muchos otros países del continente americano. Son numerosos, de variado contenido y procedencia, los trabajos que sobre este tema se publican cada año en el International Conference on Computing in Civil and Building Engineering que organiza la American Society of Civil Engineers (ASCE)¹³¹.

Por su parte, en el informe británico BAF que se ha analizado, las referencias o alusiones a la implantación de BIM en los currículos de los planes de estudios universitarios estadounidenses son prácticamente inexistentes. Conocido el contenido de dicho informe y basándonos en un estudio cuyo título es “BIM teaching strategies; an overview of the current approaches”, realizado por Barison y Santos en 2010 y presentado en aquel congreso, se puede considerar que la no alusión a los estudios universitarios americanos por parte del BAF se debe a dos razones:

- La estructura formal de los estudios universitarios estadounidenses es bastante diferente de la que tenemos en Europa. Los programas o currículos formativos también lo son. De hecho, por su propia independencia de cátedra lo son incluso entre las propias universidades norteamericanas que imparten las mismas disciplinas. Es posible que esto hiciese a los integrantes del BAF a tener más en cuenta los contenidos a integrar que las formas o las estrategias.
- La intención del BAF, británico, de que su estudio interno y el consiguiente informe lo fuese en sí mismo. Y que en todo caso pudiese convertirse en referencia para el resto de socios europeos.

A pesar de ello, de la misma manera que la universidad española debe mirar a su entorno más inmediato por su posición avanzada, Europa debe hacer lo propio de

¹³¹ American Society of Civil Engineers (ASCE). <http://www.asce.org/>

cara a unas instituciones que, como se verá a continuación, llevan en la integración de BIM en los estudios universitarios bastante camino recorrido. Desde luego sería desaprovechar ese trabajo hecho.

Los inicios de la implantación de BIM en los currículos universitarios estadounidenses se pueden datar en 2003, con algunas experiencias muy aisladas a principio de los años 90 (Barison, Santos 2010). A partir de ahí el recorrido, coincidiendo con lo que está ocurriendo en Europa, también es lento y variado. Pero quizá menos lento porque la industria en EEUU ha tenido un nivel de conciencia en BIM mucho mayor y más adelantado en el tiempo. La relación de la industria con la universidad en EEUU es también mucho mayor por su cultura de mecenazgo. Por esa misma relación universidad-empresa, los contenidos BIM introducidos en los currículos, las metodologías docentes empleadas y las formas de trabajo, lo han sido para responder a las necesidades del sector productivo. En resumen, la universidad ha respondido en tiempo y forma a lo que esa industria, que rige sus pasos y los del país, demandaba: profesionales formados en BIM y a tiempo.

Realizar un mapa del estado actual de la formación universitaria en EEUU se escapa del alcance de esta tesis. Pero además es que ese mapa ya se hizo en 2010. Se trata de datos sobre la situación hace unos años, es cierto, pero aun así, son datos que reflejan una realidad mucho más avanzada que en la que se encuentra Europa actualmente.

El mapa es parte del estudio de Barison y Santos al que se ha aludido ya en este apartado y que contiene otros datos sobre estrategias de implantación que sí que puede resultar de interés para nuestros objetivos. Si bien realizan un mapa “físico” de la formación en BIM, especificando cuando empezó cada universidad y cuál es su grado de madurez, hay otras cuestiones más significativas para los intereses de este trabajo.

Ya en el apartado inicial en el que los autores pretenden simplemente contextualizar ese estado de la cuestión, ponen sobre la mesa las cuestiones clave para afrontar la integración de BIM en la formación universitaria. Son cuestiones que aparecían idénticas en el informe BAF y que, como se verá, aparecen también en el apartado que se dedicará más adelante a la formación en España.

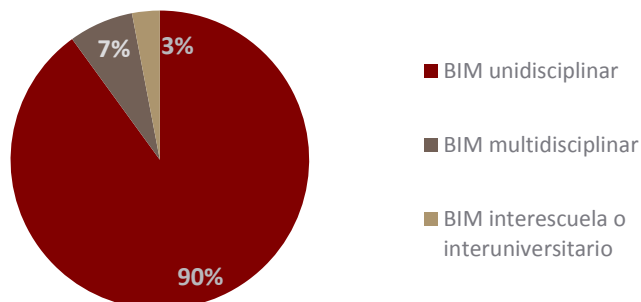
En 2006 las universidades en EEUU se estaban planteando la cuestión (no mucho antes de que lo hiciesen algunas españolas). En 2008 habían identificado claramente cuáles eran los obstáculos a la introducción de BIM en los planes de

estudio; establecieron la repercusión que tendría en la estructura universitaria; valoraron y establecieron el plazo en el que debía conseguirse; y finalmente definieron la clave del paradigma:

- Los obstáculos para ellos eran:
 - la dificultad en el aprendizaje y uso de las herramientas BIM,
 - la no comprensión de los procesos BIM,
 - cuestiones relacionadas con el entorno académico, es decir, institucionales.
- Planteaban como clave la coordinación profesor-currículo-universidad para un cambio pedagógico significativo estructurado a nivel interdepartamental.
- Vieron posible conseguirlo, es más, creyeron que debían hacerlo en dos años. Las universidades que superaron los obstáculos y se reestructuraron en aproximadamente ese tiempo, son hoy líderes en el sector.
- La colaboración a todos los niveles fue considerada la clave del paradigma: se hace, se enseña y se aprende “colaboración” y “en colaboración”.

Más allá del interés que pueda tener ese mapa de universidades en las que se trabaja BIM en EEUU, lo más interesante del estudio de Barison y Santos son los resultados objetivos: salvando las distancias temporales, el proceso en EEUU no es muy diferente a la situación que se da en la universidad británica y tampoco en la española, como se va a ver.

Modalidad de integración de BIM en los estudios
AEC en EEUU



El siguiente punto de interés es lo que aporta el estudio en cuanto a estrategias de implantación. Resumiendo mucho ese estudio se puede enumerar en los siguientes puntos:

- Las asignaturas en las que se está introduciendo BIM son las de representación gráfica digital, talleres, proyectos, cursos específicos de BIM (uso de la herramienta), tecnología de la construcción, gestión de la construcción, el proyecto final y en las prácticas de empresa.
- Es mayoritaria la integración en las asignaturas de diseño.
- Indistintamente se produce en asignaturas obligatorias u optativas.
- No hay diferencia entre las estrategias adoptadas en arquitectura e ingeniería.
- Se encuentran ejemplos de cursos aislados pero también multidisciplinares.
- Cuando el enfoque es claramente multidisciplinar el manejo de las herramientas BIM y los conceptos básicos de la metodología se aprenden en cursos específicos, muchas veces fuera del plan de estudios.

Como conclusión exponen la teoría de que hay que aprovechar el potencial de BIM para ser “introducido” en todo el plan de estudios. Plan de estudios que debe conservar su estructura tradicional de disciplinas AEC. No hay que crear nuevos planes de estudio por ello, sino variar el enfoque metodológico de la enseñanza-aprendizaje a un aprendizaje colaborativo y multidisciplinar.

8.4. La formación en BIM en España

8.4.1. La opinión del sector

A diferencia de lo que ha hecho en el Reino Unido la National BIM Survey 2013, cuyos resultados se ven en la Figura 22, en nuestro país todavía no se ha realizado desde el gobierno un estudio de la situación de BIM en el sector productivo de la arquitectura, la ingeniería y la construcción¹³². Mucho menos se ha trazado ninguna

¹³² Ciertamente se han dado los primeros pasos pero con fecha posterior a la redacción de este apartado dedicado a la formación en BIM en España. Es por ello que al final del mismo se ha incluido un subapartado dedicado al estado actual de la cuestión en el que se explicarán los pasos más recientes dados por el Ministerio de Fomento en cuanto a sus intenciones para con la implantación de BIM en el sector.

directriz en cuanto a su implantación en el sistema de enseñanza universitaria se refiere. Sí que se lanzó en junio de 2014 por parte del Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España lo que llamaron Encuesta Nacional del BIM. Contaba con muy pocas preguntas y similares a las realizadas en el Reino Unido. Se puede suponer que ha sido así por el interés en lanzarla cuanto antes y por poder tomar aquella como referencia y comparar resultados. Sin embargo, a fecha de hoy no se tienen noticias del nivel de respuesta del sector ni se han publicado resultados.

A juicio de quien realiza este trabajo, los técnicos profesionales de AEC y las empresas constructoras y consultoras serían a priori los más autorizados para analizar las demandas del sector en base a las necesidades de los segundos; y debería ser la universidad, junto con otras instituciones de enseñanza, la que tuviese la capacidad y responsabilidad de diseñar el currículo docente que le permita formar a los futuros técnicos en las capacidades y competencias demandadas por los primeros. Entre todos deben dibujar lo que ha de ser la hoja de ruta de la formación en BIM en España. Vamos a analizar esas fuentes.

Ante la falta de datos provenientes de las instituciones oficiales, se ha acudido a la investigación académica para recopilar datos sobre la opinión que en ese sentido tienen los técnicos profesionales de AEC.

Recientemente en la UPV se han leído dos trabajos académicos que, con la repercusión que tendría la implantación las nuevas formas de trabajo y gestión de proyectos en el sector de la construcción como telón de fondo, han realizado sendas investigaciones sobre las opiniones que tienen los profesionales de la arquitectura técnica al respecto de la formación en BIM.

En el primer caso, al que ya se hizo referencia en el Capítulo 6, se realiza un análisis cualitativo a partir de entrevistas en profundidad realizadas a un grupo muy concreto del colectivo de los arquitectos técnicos. Recordemos que se trata de un Trabajo Final de Grado¹³³ de la ETSIE de la UPV, el cual ha sido cotutorizado por la Dra. Elena Navarro-Ástor y quien escribe este documento. Surgió a raíz de esta tesis y como parte de ella¹³⁴. El objetivo principal de esta investigación era conocer y evaluar el papel que la adopción de la metodología BIM ha jugado en la vida profesional del colectivo de los arquitectos técnicos que se han visto seriamente afectados por la crisis del sector de la construcción. Dos de los objetivos

¹³³ Trabajo Final de Grado, en adelante TFG.

¹³⁴ En el Anexo 2 se puede consultar la justificación de este estudio, se explica su vinculación con la tesis, y se adjunta el guion de la entrevista realizada a un grupo de arquitectos técnicos para dicha investigación.

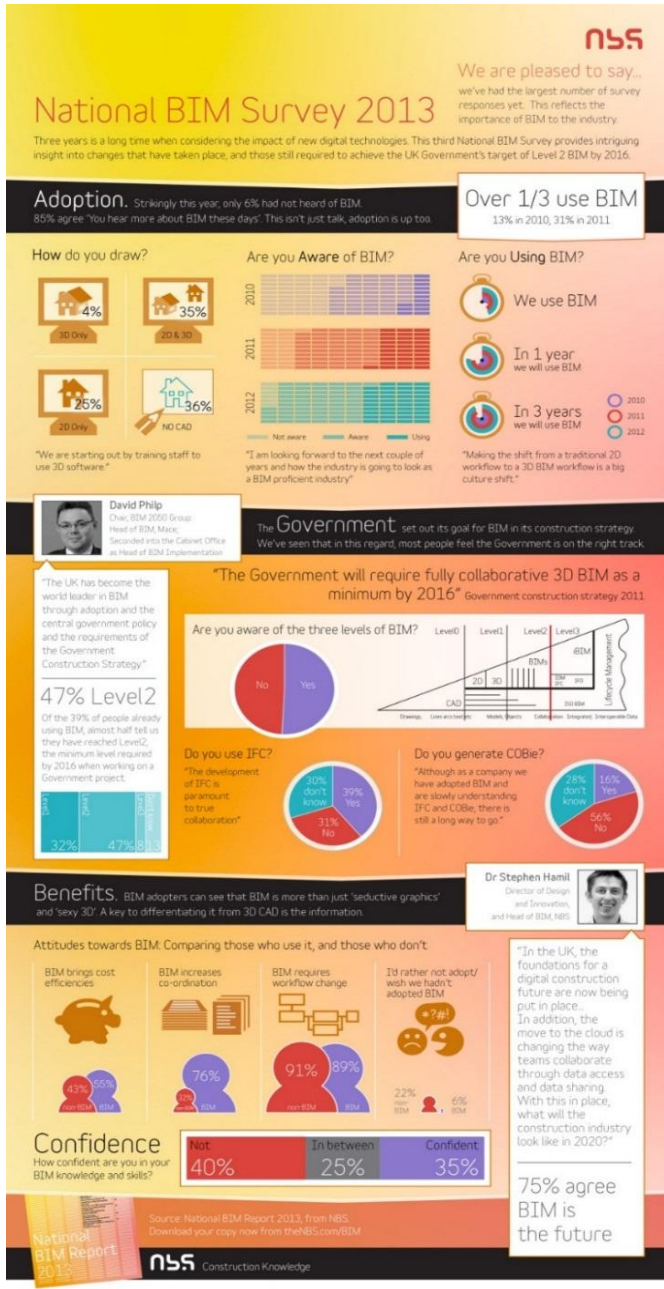


Figura 22. Resultados de la National BIM Survey 2013 de Reino Unido. 2013. NBS

secundarios eran por una parte descubrir cómo los técnicos seleccionados entraron en contacto con la metodología BIM, y por otra conocer cómo la incorporaron a su



vida profesional y en qué grado. Alcanzar estos dos objetivos secundarios pasaba ineludiblemente por abordar en las entrevistas el tema de la formación en BIM, cómo estos profesionales se habían formado en BIM. A este respecto se pueden extraer estas conclusiones derivadas de las largas conversaciones con los compañeros participantes en el estudio.

“Es curioso que los dos entrevistados que no se sintieron fascinados con el BIM desde un primer momento, no tuvieron este primer contacto por medio de ningún centro de formación, es decir, que sus referencias siempre fueron algún amigo o compañero de la universidad. Por tanto, se puede extraer un razonamiento lógico. Las fuentes de información tienen un papel fundamental a la hora de hacer una valoración personal sobre lo interesante que resulta o no desarrollar una determinada actividad, por lo tanto qué mejor manera que recurrir a una fuente de información fiable y de calidad”. (Gil Gil 2015)

Se está refiriendo, evidentemente, a la universidad como impulsora de motivación y sede de la información y la formación de calidad. Los encuestados que así lo vieron habían “descubierto” BIM en el Curso de Adaptación al Grado en Ingeniería de Edificación para titulados arquitectos técnicos que se imparte en la ETSIE, en cuyo currículo se habían introducido contenidos teórico-prácticos de BIM.

“La formación, después de haber estudiado detenidamente las respuestas de los colaboradores, parece tener dos fases muy evidentes, ya que las respuestas se repiten con bastante asiduidad. Por un lado, la fase inicial de formación se lleva a cabo por medio de cursos formativos donde uno puede generarse una opinión fundamentada de todo lo que engloba la metodología BIM, además de aprender a manejar las herramientas informáticas con las que se gestionan los proyectos. (...) Por otro lado la segunda fase destaca por ser una formación más individualizada por parte de cada uno de los entrevistados. Coinciden mayoritariamente en el hecho de que una vez se alcanza un cierto nivel de comprensión de los procedimientos y del manejo de las herramientas, el siguiente paso es continuar con tu formación de una forma autodidacta.” (Gil Gil 2015)

En esta segunda conclusión se está haciendo referencia a que una vez superado el escaño del manejo de las herramientas aparece en el “usuario” la conciencia de que

BIM es algo más y que se hace necesaria una formación global e integradora de la herramienta en la metodología y en el propio proceso edificatorio, y a la vez especializada en la disciplina, parte o fase del proceso a la que el agente BIM en formación quiera enfocar su futuro profesional.

En el segundo trabajo lo que se lleva a cabo es un análisis cuantitativo a través de las respuestas de un cuestionario online. En este caso se trata de un Trabajo Final del Máster¹³⁵ en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UPV codirigido por los profesores Eugenio Pellicer Armiñana y Fernando Cerveró Romero. Uno de los objetivos de este TFM, titulado *“Nuevas técnicas de gestión en el sector de la edificación: Propuesta de formación”*, es determinar el grado de conocimiento que de las nuevas técnicas de planificación y gestión de proyectos de construcción se tienen en el sector de la edificación y, paralelamente, averiguar el grado de aplicación de las mismas y la motivación que existe en el sector por la formación y la ampliación de conocimientos en esta técnicas. En este caso el TFM trata a BIM como una “técnica” (sic) más dentro de todas las que en él se consideran técnicas novedosas de gestión de proyectos. Se podría decir que para el autor, Pedro Bisbal, su investigación abarca más allá de BIM, o que de alguna manera reduce o limita el valor y potencial de BIM a lo que es estrictamente su vertiente de procesos.

No se quiere entrar en este punto en consideraciones sobre si BIM es realmente una “técnica” de gestión más, o si por el contrario, es una metodología de gestión global a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio, dentro del cual se aplicarían aquellas técnicas novedosas (sobre las que versa este TFM) en la fase de diseño, planificación y construcción. Simplemente se quiere aprovechar la consulta realizada en este TFM para conocer más datos sobre el grado de conocimiento, el grado de aplicación y la motivación por la formación en BIM en el sector de la edificación.

Como se ha dicho se trata de una encuesta online formada por tres partes: una explicación introductoria de la investigación, una serie de preguntas de caracterización de los encuestados, y las cuatro preguntas de investigación propiamente dichas sobre el conocimiento, el grado de aplicación y la motivación que por formarse tenía el encuestado al respecto de una lista de “conceptos” (sic)

¹³⁵ Trabajo Final de Máster, en adelante TFM.

relacionados con la gestión de proyectos¹³⁶. De todas las respuestas obtenidas se analizaron las dadas por arquitectos técnicos/ingenieros de edificación.

El “concepto” más conocido por los encuestados resultó ser BIM, por detrás de los tres tradicionales. De ellos solo un porcentaje muy bajo respondió que lo había aprendido¹³⁷ en su formación como universitario.

En el TFM de Bisbal, y en cuanto al grado de aplicación, BIM se posiciona nuevamente como el más aplicado (por detrás de los tradicionales), y sobre todo en el ámbito del ejercicio libre de la profesión y de las empresas constructoras y consultoras. En este punto se quiere reseñar que en el TFM no queda suficientemente claro a qué se está refiriendo con “grado de aplicación”. Tampoco parece que los propios entrevistados tuviesen una idea clara de qué era realmente lo que se les estaba preguntando, ya que uno de los colectivos o perfiles de entrevistados que declaraban que lo estaban aplicando eran precisamente los desempleados. Es por ello que los resultados de este estudio en este punto es preferible dejarlos al margen.

Para finalizar, la mayor motivación se tiene por la formación en BIM y en Lean Construction, pero mucho más por el primero. Por edades son los más jóvenes los que manifiestan mayores inquietudes de cara a la necesidad de formación. Los encuestados más motivados por la formación son nuevamente los que trabajan por cuenta propia seguidos por los desempleados y los que trabajan en empresas constructoras.

Como conclusión a este brevísimo resumen del extenso estudio que Bisbal hace en su TFM, podría afirmarse que: el conocimiento que la profesión tiene de BIM como “concepto” es mucho mayor que el que se tiene de los demás conceptos analizados; que a pesar del mucho o poco y más o menos acertado conocimiento que se tenga sobre la metodología BIM, lo cierto es que es suficiente para generar en el colectivo un gran interés en formarse en ella; y por último que es un hecho que el colectivo está demandando esa formación.

¹³⁶ Los “conceptos” son Lean Construction, Last Planner System (LPS), Just in Time, Kaizen, Kanban, Integrated Project Delivery (IPD), BIM, Cadena Crítica, Value Stream Mapping (VSM), Toyota Production System, PMBok, Seis Sigma, 5's, PokaYoke, 5 Por Qué, Método del valor ganado (EVM). Además se introdujeron en esa lista 3 conceptos tradicionales con el fin de evitar respuestas en blanco. Estos son ISO 9001, Garantía de Calidad y PERT/CPM.

¹³⁷ Como dice el autor del estudio al respecto de la palabra “aprendido”, *“habría que investigar más sobre la siguiente afirmación; posiblemente conozcan este concepto de forma teórica”* o si realmente han aprendido *“mediante un máster específico de formación en BIM”*.

Este resultado viene a coincidir con lo deducido por Prieto en un estudio similar en el 2011 enmarcado también en un TFM de la Universidad de Extremadura. Según su análisis cuantitativo realizado a partir de datos obtenidos de una encuesta lanzada también online al colectivo de arquitectos técnicos sobre la existencia de asignaturas relacionadas con BIM en los grados de ingeniería o de arquitectura en España, solo un 13% de los encuestados con formación en BIM la había adquirido en la universidad. Siempre sin especificación del nivel y alcance de la formación adquirida.

Así pues los tres estudios que se están comentando coinciden en la demanda de formación por parte del sector: en el primero los arquitectos técnicos opinan que la formación básica debe partir de las instituciones de educación, y que cuando se llega a un nivel más avanzado aparecen dificultades para acceder a la formación especializada; en el segundo se confirma que la formación en BIM es lo más demandado porque es donde profesionales, empresas y, por supuesto, desempleados ven el futuro; y el último arroja datos tan objetivos como que el 86% de los encuestados considera que BIM debe ser incluido en los planes de estudios de las universidades.

Como se ha dicho al principio de este apartado no contamos en nuestro país con un estudio de la situación de BIM en el sector productivo AEC y los datos de la encuesta lanzada en 2014 no se han publicado. Para conocer cómo ha afectado a las empresas del sector en España la necesidad de formación en BIM vamos a recurrir al estado real y actual de las grandes empresas españolas del sector AEC a través de los datos publicados por una revista norteamericana de gran trayectoria y fiabilidad. Nos estamos refiriendo a Public Works Financing. Por su parte, el Ministerio de Asuntos exteriores y de Cooperación (MAEC) recoge parte de estos datos en una monografía publicada en marzo de 2014 dentro de su estrategia Marca España. (MAEC 2014)

En este periodo de crisis, la sociedad española en general ha recibido mucha información sobre el sector inmobiliario y los que han formado parte de él. Quizá la parte menos conocida, al menos con datos objetivos, sea la situación en la que se encuentran las grandes empresas españolas de infraestructura. Son empresas privadas que se han dedicado tradicionalmente a la construcción en el sector público a diferencia de lo que ha ocurrido en otros países de nuestro entorno. Sin embargo, mientras el gasto en obra pública en España se desplomó de 39,8 mil millones de euros en 2008 a 6 mil millones en 2012, esas mismas empresas privadas en 2013 ganaron contratos en el extranjero por valor de más de 35 mil millones de

euros. Su cartera de proyectos internacionales supera 75 mil millones de euros, lo cual supone más del 80% de esa cartera. (Chislett 2015)

Se trata de un tipo de empresas cuyos inicios tempranos en la construcción y explotación de autopistas necesarias para acompañar a la industria del turismo (años 70), la posterior entrada de España en la Unión Europea y la llegada de la eurozona, etc., provocaron su especialización y crecimiento. Cuando el mercado local se les quedó pequeño se expandieron de forma natural a Sudamérica por no existir con estos países la barrera del idioma. Y ahí empezó su camino hacia el liderazgo en los rankings mundiales de las empresas del sector.

La revista norteamericana Public Works Financing publica el ranking anual de las mejores empresas y/o grupos de infraestructuras y servicios del mundo. La situación a noviembre de 2014 es de 6 empresas españolas entre las 15 primeras de la lista y otras 3 más entre las 40 primeras. Esta revista clasifica las empresas, en solitario o constituidas en UTE, por el número concesiones de infraestructuras viales, ferroviarias, portuarias y aeroportuarias de más de 50 millones de dólares de valor de inversión.

El ranking de 2013 está liderado por ACS Group/Hochtief. Ocupa el tercer lugar la UTE formada por Global Via, FCC y Bankia, y el cuarto Abertis. La UTE Ferrovial/Cintra se encuentra en la séptima posición. Los puestos 11 y 12 son para Sacyr y OHL respectivamente. A día de hoy se puede afirmar que España, o más bien las empresas españolas punteras en la construcción de infraestructuras, no lo son solo en nuestro país, sino especialmente en el mercado exterior.

Y ¿cuáles son esos proyectos? Aparte de los muy conocidos contratos para la ampliación del Canal de Panamá por parte de un consorcio liderado por Sacyr, y el de la línea ferroviaria de alta velocidad entre La Meca y Medina en Arabia Saudí, también construida por un consorcio hispano-saudí con 12 empresas españolas, son numerosos los proyectos (Tabla 8) en los que estas y otras empresas españolas han intervenido o lo hacen en la actualidad, tanto en la construcción como en la explotación y/o mantenimiento.

OBRAS INTERNACIONALES DE INFRAESTRUCTURA LIDERADAS POR EMPRESAS ESPAÑOLAS (construcción y/o explotación)		
Denominación	Ubicación	Empresa/Grupo que participa
Perth City Link	Australia	ACS
Construcción de línea de tren	Argelia	FCC

OBRAS INTERNACIONALES DE INFRAESTRUCTURA LIDERADAS POR EMPRESAS ESPAÑOLAS (construcción y/o explotación)		
Metro de Doha	Qatar	OHL / FCC
Túnel de acceso al East Side de Manhattan	EEUU	ACS
Metro de la ciudad de Panamá	Panamá	FCC/ AYESA/METRO DE BARCELONA/SENER
Autopista 460 de Virginia	EEUU	FERROVIAL
Autopista SH 130 en Texas	EEUU	FERROVIAL
Líneas de metro en Washington, Hong Kong, Roma	EEUU, China, Italia	CAF
Líneas de metro en Bruselas, Nueva Delhi, São Paulo	Bélgica, India, Brasil	CAF
Línea de metro en Londres	Reino Unido	FERROVIAL
Líneas de metro en Santiago de Chile, Lisboa, Oporto	Chile, Portugal	SACYR
Línea de metro en Nueva York	EEUU	ACS
Autopista 407 ERT en Toronto	Canadá	FERROVIAL/CINTRA/AGROMAN
Red de autopistas en West Midlands y Birmingham	Reino Unido	AMEY / FERROVIAL
Autopista de peaje de Indiana	EEUU	FERROVIAL/CINTRA/AGROMAN
Autopista del Aeropuerto de Brisbane	Australia	ACS
Autopista de peaje Atenas-Patras	Grecia	ACS
Líneas de transmisión de Xingú y Macapá	Brasil	ISOLUX CORSAN
Autopista Pedemontana Veneta	Italia	SACYR
Suburbano Ciudad de México (Sistema 1)	México	CAF
AVE La Meca-Medina	Arabia Saudí	RENFE, ADIF, INECO, TALGO, OHL, COPASA, CONSULTRANS, IMATHIA, INABENSA, DIMETRONIC, INDRA
Metro de Riad (líneas 4, 5 y 6)	Arabia Saudí	FCC/TYPSA/SENER
East Anglia 1	Reino Unido	IBERDROLA
Metro de Lima	Perú	ACS / FCC
East West Link	Australia	ACCIONA
Refinería del Egeo	Turquía	TÉCNICAS REUNIDAS
Parque Eólico Marino de Saint Brieuc	Francia	IBERDROLA
Canal de Panamá	Panamá	SACYR/INDRA
Complejo hotelero y de ocio de Macao	China	ACS
Expansión de la Refinería de Talara	Perú	TÉCNICAS REUNIDAS
Parque Eólico Marino West of Duddon Sands	Reino Unido	IBERDROLA



OBRAS INTERNACIONALES DE INFRAESTRUCTURA LIDERADAS POR EMPRESAS ESPAÑOLAS (construcción y/o explotación)		
Hospital de Sidra en Doha	Qatar	OHL
Proyecto Marmaray CR3	Turquía	OHL
Corredor Ferroviario LAV Estambul-Ankara	Turquía	OHL / CAF
Refinería de Izmit	Turquía	TÉCNICAS REUNIDAS
Complejo de gasificación Jazan GICC	Arabia Saudí	TÉCNICAS REUNIDAS
Parque Eólico Marino Wikinger	Alemania	IBERDROLA
Hospital Chum de Montreal	Canadá	OHL
Estaciones de compresión de gas y procesamiento	Australia	ACS
Refinería de exportación de Jubail	Arabia Saudí	TÉCNICAS REUNIDAS
Autopista New Orbital	QATAR	ACS
Proyecto integrado de refinería y petroquímica (RAPID) en Penderang	Malasia	TÉCNICAS REUNIDAS
Puente atirantado de la Bahía de Forth en Escocia	Reino Unido	ACS
Refinería de Volgogrado	Rusia	TÉCNICAS REUNIDAS
Aeropuerto de Heathrow	Reino Unido	FERROVIAL / AGROMAN
Planta desaladora de Perth	Australia	VALORIZA AGUA / TÉCNICAS REUNIDAS
Autopista LBJ Express en Texas	EEUU	FERROVIAL/CINTRA/AGROMAN
Metro ligero de Ottawa	Canadá	ACS
Autopista North Tarrant Express (NTE) de Texas	EEUU	FERROVIAL/CINTRA/AGROMAN
Túnel SR 99 en Seattle	EEUU	ACS
Proyecto Solana Solar en Arizona	EEUU	ABENGOA
Autopista Chicago Skyway	EEUU	FERROVIAL
Autopista Northeast Anthony Henday	Canadá	ACS
Red de carreteras de Sheffield	Reino Unido	AMEY
Circunvalación Ciudad de México	México	OHL / INDRA
Autopista A-30 de Montreal	Canadá	ACCIONA / ACS / INDRA
Proyecto Solar Mojave Solar en California	EEUU	ABENGOA
Autopista North Tarrant Express 35 W de Texas	EEUU	FERROVIAL

Tabla 8. Obras internacionales de infraestructura lideradas por empresas españolas. 2015. Elaboración propia a partir de los datos del MAEC

En la actualidad, Somague, filial de Sacyr, construye parte de la estación de metro de São Paulo. ACS construye y operará durante 35 años una autopista de peaje en

Portsmouth, Ohio. Por su parte, OHL se ha adjudicado el primer contrato de concesión de autopistas en Colombia. Y en Australia, Acciona es parte del consorcio para el proyecto de tren ligero de Sydney. (Chislett 2015)

Todo esto es lo que ha provocado que durante varios años haya habido más empresas españolas en el ranking anual de las mejores empresas y/o grupos de infraestructuras y servicios que de otros países.

Y a su vez el haber hecho su expansión en el mercado internacional de las infraestructuras ha llevado a estas empresas a tener que adoptar la metodología BIM necesariamente. A poco que se analicen los países en los que están ubicadas esas obras es fácilmente deducible que los proyectos se diseñaron en BIM. Se trata de obras en EEUU, Sudamérica y Oriente Medio fundamentalmente, es decir, lugares en los que sabemos que BIM es la forma de trabajo para los grandes proyectos tanto privados como públicos (Di Giuda, Villa 2015). Si estas empresas han llegado con solvencia a las licitaciones es porque han implementado BIM para poder analizar proyectos que otros diseñaron en BIM pero sobre todo para poder trabajar en colaboración, no ya con otras disciplinas, sino con otras empresas, de otros países, en otras ubicaciones.

Ante la escasez de técnicos en sus plantillas o incluso fuera de ellas, especializados en las distintas disciplinas intervinientes en los proyectos o partes de proyectos a los que optaban, y al mismo tiempo formados en BIM, se han visto forzados a acudir a consultorías que les han ayudado en la implementación de BIM. Ese ha sido en la mayoría de los casos el único recurso viable para poder hacer frente a este reto. La formación de técnicos AEC formados en BIM a todos los niveles, tanto desde el punto de vista de la tecnología y el manejo de las herramientas, como expertos conocedores de la metodología BIM en toda su extensión es, pues, la demanda de estas empresas.

Pero estas son grandes empresas, de infraestructuras, cuya actividad principal es la construcción y/o gestión de infraestructuras, la cual se desarrolla principalmente fuera de nuestras fronteras. Como ya se ha apuntado expandieron mucho más su actividad en el extranjero con la llegada de la crisis.

La evolución del número de empresas constructoras en España en los últimos 7 años es la que se muestra en las Figuras 23.1, 23.2 y 23.3 según datos de los sucesivos informes que anualmente publica la Conferencia Nacional de la

Construcción¹³⁸, con datos objetivos facilitados por el Instituto Nacional de Estadística. De ellos se pueden extraer las siguientes conclusiones iniciales:

1. La evolución no ha sido tal, sino más bien una regresión como no podía ser de otra manera. El número global de empresas constructoras descendió de 2009 a 2014 en más de 110.000.

Empresas constructoras		
	Número empresas	% respecto al total
451.Preparación de obras	7.637	1,73%
452.Construcción general de inmuebles y obras de ingeniería civil	236.118	53,43%
453.Instalaciones de edificios y obras	95.292	21,56%
454.Acabado de edificios y obras	101.846	23,04%
455.Alquiler de equipo de construcción o demolición dotado de operarios	1.063	0,24%
Total	441.956	100%

Número de trabajadores en empresas constructoras		
	Número empresas	% respecto al total
Total	441.956	100%
Sin asalariados	224.417	50,78%
De 1 a 2 asalariados	105.152	23,79%
De 3 a 5 asalariados	50.978	11,53%
De 6 a 9 asalariados	26.354	5,96%
De 10 a 19 asalariados	20.484	4,63%
De 20 a 49 asalariados	10.917	2,47%
De 50 a 99 asalariados	2.264	0,51%
De 100 a 199 asalariados	1.046	0,24%
De 200 a 499 asalariados	246	0,06%
Más de 500 asalariados	98	0,02%

Figura 23.1. Actividad en las empresas constructoras españolas en el año 2009.
2009. CNC

2. El tipo de empresa predominante es la que no tiene asalariados, es decir, se trata de autónomos. La media de estas empresas en estos años supone el 55% del total. Le siguen en porcentaje, con un 25% de media sobre el

¹³⁸ Conferencia Nacional de la Construcción, en adelante CNC.

total, aquellas que tienen hasta 2 asalariados. En ambos casos los porcentajes han ido creciendo en estos 7 años, evidentemente debido al descenso de la actividad productiva, lo cual ha provocado el despido de los

Empresas constructoras		
CNAE 09	Número empresas	% respecto al total
412 Construcción de edificios	171.664	45,89%
421 Construcción de carreteras y vías férreas, puentes y túneles	1.243	0,33%
422 Construcción de redes	1.292	0,35%
429 Construcción de otros proyectos de ingeniería civil	15.695	4,20%
431 Demolición y preparación de terrenos	13.016	3,48%
432 Instalaciones eléctricas, de fontanería y otras instalaciones en obras de construcción	85.622	22,89%
433 Acabado de edificios	72.739	19,44%
439 Otras actividades de construcción especializada	12.807	3,42%
Total	374.078	100%

Número de trabajadores en empresas constructoras		
	Número empresas	% respecto al total
TOTAL	374.078	100,00%
Sin asalariados	207.000	55,34%
De 1 a 2 asalariados	95.822	25,62%
De 3 a 5 asalariados	37.390	10,00%
De 6 a 9 asalariados	15.517	4,15%
De 10 a 19 asalariados	11.030	2,95%
De 20 a 49 asalariados	5.532	1,48%
De 50 a 99 asalariados	1.095	0,29%
De 100 a 199 asalariados	490	0,13%
De 200 a 499 asalariados	130	0,03%
Más de 500 asalariados	72	0,02%

Figura 23.2. Actividad en las empresas constructoras españolas en el año 2012.
2012. CNC

asalariados que tuvieran en su momento.

3. El porcentaje de empresas dedicadas a la construcción-edificación con un número de trabajadores tal que hiciera suponer factible una inversión en I+D+i que permitiese su transformación hacia nuevas metodologías de trabajo como BIM, es en cualquier caso mínima. Suponiendo que fuese posible acometer una innovación de ese tipo en empresas con al menos 10

trabajadores, resulta que las empresas con ese volumen de personal ha descendido del 8% al 3,75% del total.

4. Dentro de estas empresas con más de 10 trabajadores se encuentran aquellas que han salido al extranjero pero que continúan teniendo su sede social en España.
5. El número de empresas dedicadas a obras de ingeniería civil es casi anecdótico en comparación con el resto, e independientemente de la variación provocada por la crisis, suponiendo no más del 5% del total.

Empresas constructoras		
CNAE 09	Número empresas	% respecto al total
412 Construcción de edificios	149.079	45,08%
421 Construcción de carreteras y vías férreas, puentes y túneles	1284	0,39%
422 Construcción de redes	1008	0,30%
429 Construcción de otros proyectos de ingeniería civil	12460	3,77%
431 Demolición y preparación de terrenos	10.890	3,29%
432 Instalaciones eléctricas, de fontanería y otras instalaciones en obras de construcción	79.966	24,18%
433 Acabado de edificios	64.287	19,44%
439 Otras actividades de construcción especializada	11.730	3,55%
Total	330.704	100,00%

Número de trabajadores en empresas constructoras		
	Número empresas	% respecto al total
TOTAL	330.704	100%
Sin asalariados	189.991	57,45%
De 1 a 2 asalariados	88.051	26,63%
De 3 a 5 asalariados	28.845	8,72%
De 6 a 9 asalariados	11.407	3,45%
De 10 a 19 asalariados	7.550	2,28%
De 20 a 49 asalariados	3.743	1,13%
De 50 a 99 asalariados	666	0,20%
De 100 a 199 asalariados	262	0,08%
De 200 a 499 asalariados	121	0,04%
Más de 500 asalariados	68	0,02%

Figura 23.3. Actividad en las empresas constructoras españolas en el año 2014. 2014. CNC

Todo esto es relevante para nuestro estudio porque nos permite analizar a partir de unos datos objetivos si las empresas españolas actuales que han acogido la metodología BIM en su estructura empresarial, son un referente como futuros empleadores por su concienciación en BIM y por el grado de madurez al que han llegado, y si su opinión es preceptiva para seguir avanzando en la intención de integrarlo en los planes de estudios universitarios.

En ese sentido el análisis al que nos referimos es el siguiente:

- Por una parte las empresas españolas que están haciendo aquellas grandes obras en el extranjero han implantado BIM a sus estructuras productivas. Pero lo han implantado por necesidad. Han concursado por proyectos promovidos por gobiernos americanos o de Oriente Medio principalmente, es decir, de países en los que la metodología BIM para la gestión de proyectos, sobre todo de promoción pública, está bastante implantada, cuando no es preceptiva. Si han querido licitar en las mismas condiciones de otras empresas han tenido que hacer uso la tecnología para leer el proyecto, pero también para licitar en tiempo y en igualdad de condiciones. Trabajando en confluencia con otras empresas, estudios de proyectos, etc., no siempre en su misma ubicación, se han visto también obligados trabajar metodológicamente con BIM, es decir, a integrar la metodología en su forma de trabajo en la fase de construcción.

En muchos de esos proyectos se les ha concedido también la explotación o el mantenimiento de las infraestructuras construidas y hacerlo en BIM es una exigencia más en esos países.

No se tiene constancia de que esas empresas hayan trasladado íntegramente esa metodología a sus obras en España. Se conocen casos en los que se ha utilizado la infraestructura y el personal BIM que la empresa ha integrado para modelar proyectos diseñados de la forma tradicional, pero únicamente con el objetivo de realizar una detección de errores, colisiones, etc., previa a la fase de construcción. Nada más, sin extender la metodología a esa fase.

En cualquier caso pertenecen a ese 5 % del total.

- La cantidad de empresas dedicadas exclusivamente a la construcción-edificación, con actividad en estos últimos 7 años de crisis, con capacidad de personal suficiente y necesario para poder acometer una transformación de fondo e implantar BIM en su proceso productivo de diseño, planificación y construcción es mínimo.

El registro del número de empresas de este tipo que han dado el paso hacia la tecnología primero, y más tarde a la metodología BIM, solo es posible llevarlo a cabo si esas empresas lo publican. Han dado a conocer sus experiencias en los escasos congresos y encuentros BIM que se han tenido lugar en nuestro país en estos años, además claro está en sus sitios web. Son pocas pero han tenido buenos resultados.

Algunas, ya con una trayectoria anterior, han migrado a BIM porque han visto en ello la oportunidad de mantener “la persiana levantada”. Y el resultado no ha sido solo ese, sino que además han incrementado su volumen de negocio. Otras nacieron en plena época de crisis pero con la implantación de BIM como uno de sus objetivos a corto plazo.

En este punto creemos interesante presentar dos ejemplos significativos de sendas empresas constructoras que responden exactamente a estos dos tipos descritos, y que sí que se pueden considerar referentes a la hora de considerar su postura y opinión con respecto a la formación en BIM de los futuros técnicos AEC.

El primero es Construcciones Lobe, una empresa constructora de Zaragoza fundada hace más de 25 años. Su Área de Proyectos es uno de los principales responsables de garantizar la posición competitiva de la empresa de forma sostenida en el tiempo y a pesar de la crisis. Se pueden ver sus resultados recientes en la Figura 24.

El Grupo Lobe ha apostado firmemente por la implementación de la tecnología BIM y el sistema IPD. El departamento está organizado a modo de Oficina de gestión de proyectos (PMO) responsable de definir y mantener los estándares de procesos, relacionados con la gestión de proyectos y obras. La figura de Director de Proyecto, asignada a cada uno de los proyectos que realiza la empresa, es el activo más importante del departamento, siendo el responsable de implantar estas filosofías y de coordinar el equipo integrado formado por todos los agentes interesados.

El proyecto iniciado en 2011 se ha consolidado en un ÁREA BIM, coordinada por la figura del BIM manager, que centraliza todo el conocimiento BIM de la organización y define la estrategia en esta tecnología. Han sobrepasado con creces BIM 3D para el diseño de los edificios que promocionan y han llevado BIM más allá. Han conseguido un alto nivel de estandarización de flujos de trabajo y de flujos de información entre departamentos. Trabajan para la mejora en la simulación de secuencias de construcción adoptando la técnica de planificación por zonas LBMS (Location-Based Management System), BIM 4D, y BIM 5D en la mejora en los

procesos de estimación de costes para cada una de las fases de proyecto. (Construcciones Lobe 2015)

Cuentan con obras de edificación residencial, realizadas o en ejecución, en Aragón mayoritariamente, pero también en otras comunidades del centro y noreste del país, como La rioja, Comunitat Valenciana, y Comunidad de Madrid. Han iniciado su implantación en Cataluña. También tienen actividad aunque en menor medida en obra civil y rehabilitación de patrimonio construido.



Figura 24. Actividad de Grupo Lobe en los últimos años. 2014. Memoria anual 2014.
www.construccioneslobe.es

El segundo es el caso de Vía Célere. Se trata de una empresa fundada en el año 2007. Se dedica al desarrollo, inversión y gestión de activos inmobiliarios en el ámbito residencial y de oficinas. Desarrolla su actividad en España y en el extranjero. En febrero de 2012 anuncia la implantación de la tecnología BIM para sus próximas promociones. Su objetivo en ese momento es que a partir de aquel año todas sus promociones estén “diseñadas con el sistema BIM” (sic). Ven ya en ello una importante reducción en los tiempos de desarrollo y la posibilidad de innovar en los procesos de construcción de sus viviendas, es decir, llevarlo más allá del diseño. Se convierte así en una de las primeras compañías españolas en el uso de la tecnología BIM no solo para el diseño sino para la planificación, diseño de procesos y ejecución de obras, bajo los principios de mejora en productividad, eficacia y sostenibilidad. (Via Célere 2015)

La filosofía de ambas empresas ha sido pues la innovación tecnológica pero lo han fundamentado en la formación de los que pueden ser en un futuro los técnicos que ellas mismas necesitan para llevarla a cabo. Y se han implicado desde el impulso a

la formación especializada dentro de su propia estructura pero también apoyando a la formación en la universidad, convirtiéndose también en el campo de la formación en las primeras empresas inmobiliarias en hacerlo.

Así, en su línea de destinar los recursos necesarios para ser una empresa de referencia a nivel nacional en el uso y promoción de esta tecnología, el Grupo Lobe ha firmado con la Universidad San Jorge de Zaragoza en julio de 2015, un convenio para la puesta en marcha de la Cátedra Lobe para la mejora de la industria de la construcción a través de la tecnología BIM. A partir del curso 2015-16 patrocinarán el Título de Experto en Flujos de Trabajo BIM con Revit, que se imparte en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de dicha Universidad.

Por su parte, Vía Célere y a través de su Fundación Vía Célere, inauguró en mayo de 2012 su programa de cursos de formación con un curso sobre BIM de 30 horas. Lo subvencionó al 80% como parte de su apuesta por la formación en entornos de diseño y arquitectura. El curso pretendía ser el primero de un ciclo dedicado a la formación de profesionales externos de los que evidentemente la empresa pretendía surtir.

Ese ciclo ha continuado y ha culminado en julio de 2015 con la firma de un acuerdo de colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid para el curso 2015-2016. Se crea así el “Aula Empresa Vía Célere” con el objetivo de potenciar y concienciar a los alumnos de la Escuela Técnica Superior de Edificación sobre la importancia de la innovación en construcción. Contará con dos áreas. Una con cursos de formación en BIM (18 ECTS), y otra enfocada a la industrialización de la edificación, área en la que Vía Célere es puntera respaldando a la empresa Conspace, que desarrolla sistemas modulares para la construcción. (Via Célere 2015)

Estas iniciativas y experiencias son las que tienen realmente relevancia para nuestro estudio. De las escasas empresas con capacidad para acometer la implantación de BIM en su proceso productivo, pocas lo han hecho. Estas dos representan el éxito y su postura con respecto a la formación es lo que nos debe interesar ahora. Nadie en este momento en nuestro país puede ofrecer datos más relevantes que ellas mismas. En realidad pocas más pueden siquiera ofrecer datos de sus experiencias:

- En ambos casos se trata de empresas promotoras-constructoras lo cual significa que tienen el control en la totalidad del proceso diseño-construcción. Es la situación ideal para iniciar una apuesta “personal” por

ese cambio de paradigma sin condicionantes externos. O al menos, esa circunstancia les ha permitido controlarlos.

- Las dos empresas constructoras, que han apostado fuerte y con convencimiento por la tecnología BIM en fases iniciales de sus proyectos, han basado su apuesta en la formación interna de sus propios técnicos.
- Eso les ha permitido ir más allá de la utilización meramente instrumental de las herramientas BIM y han rediseñado sus estructuras para la metodología BIM, los flujos de trabajo y de la información, y más allá del diseño para implantarla en las siguientes fases y procesos, esto es, planificación, costes, construcción.
- Han realizado una apuesta de apoyo a la formación de calidad en las instituciones de enseñanza de nivel superior, de manera decidida y con mucha visibilidad.
- Su estrategia de implantación, el rigor en sus planteamientos, los resultados obtenidos y sus proyectos de futuro, las convierte en fuente de datos objetivos de lo que los empleadores con experiencia real en metodología BIM van a requerir. Esto hace innecesaria una consulta a nivel global sobre la opinión del resto del sector que ya se sabe poco implicado.

8.4.2. La formación de BIM en España

Llegados a este punto la pregunta es ahora: ¿en qué condiciones ha llegado la enseñanza y aprendizaje de la metodología BIM en España hasta 2015 para que esta sea la situación de técnico, empresas y estas sean las opiniones de los profesionales actuales?

Un recorrido por la oferta de estudios en las instituciones de enseñanza superior española en los últimos años debería responder a la pregunta, si bien no se puede acotar al ámbito universitario porque ni siquiera tuvo ahí sus inicios.

Los inicios

Es un hecho que todos aquellos que fueron la vanguardia en el conocimiento de BIM, en apreciar su valor y en intentar aplicarlo a nivel profesional, lo hicieron en primera instancia de forma autodidacta. Su primer contacto con BIM desde luego lo fue directamente a través de CAD. En muchos casos el contacto se produjo por experiencias académicas o profesionales en el extranjero. En otros casos al conocer otras aplicaciones como por ejemplo la primera versión para Windows de Nemetschek Allplan®. A pesar de lo primitivo de su interface y su intuitivo

funcionamiento, el potencial de aquel tipo de aplicaciones denominadas entonces “Computer Aided Architectural Design” era claro. Se evidenciaba el tiempo que se perdía con la utilización de herramientas que algunos ya entonces calificaban de rudimentarias, como AutoCAD de Autodesk. (Coloma Picó 2008)

Es decir, que el primer contacto con BIM no lo fue realmente con la metodología, sino más bien con la tecnología, concretamente con herramientas BIM de diseño tridimensional. Se utilizaban las aplicaciones como herramientas de diseño con la diferencia de que no se dibujaba a partir de elementos de grafismo, sino que se diseñaba/construía volumétrica y virtualmente el edificio en 3D a partir de elementos constructivos virtuales más o menos definidos.

Así pues, durante un tiempo y en muchos casos, poca era la importancia que se dio a BIM como metodología de trabajo y de gestión de la información en todo el proceso, y mucha como herramienta de diseño y/o visualización. No es de extrañar cuando aún en la actualidad queda mucho de esa creencia y práctica todavía.

Si la forma en la que los profesionales entraron en BIM en los inicios fue mediante la utilización de herramientas BIM de diseño, lógicamente la primera formación que se requirió fue la formación en el manejo de herramientas informáticas.

Quien no se inició de forma autodidacta lo hizo a través de cursos especializados en el manejo de un software concreto. Estos cursos se empezaron impartiendo en instituciones de formación de carácter privado (academias, consultorías, etc.).

Los proveedores de software

En muchos casos, y lógicamente a solicitud de los potenciales usuarios, estos cursos empezaron a estar promovidos por las mismas marcas o firmas proveedoras del software a través de sus distribuidores comerciales en cada país. Estaban dirigidos a profesionales de la arquitectura y la ingeniería. Veamos como ejemplo el caso de la firma de software Autodesk. En el caso de Autodesk, el primer software BIM que tuvo demanda de formación fue Revit® Architecture. Los cursos de Revit® se empezaron a impartir en instituciones privadas y en universidades. En estas últimas como cursos de formación permanente, para sus alumnos o para alumnos externos, pero siempre fuera de la enseñanza reglada. Posteriormente se hizo uso de los ATC o Centros de Formación Autorizados que Autodesk ya utilizaba para otras aplicaciones como AutoCAD, etc., así como de los ACI o Instructores Certificados de Autodesk y de los ACC o Centros de Certificación Autorizados.

En el caso de los ACI, se trata de instructores expertos en sus aplicaciones que tras pasar una serie de pruebas de certificación, demostrar un año de experiencia en formación, y poseer un profundo conocimiento de los estándares de la industria, se convierten en instructores autorizados por Autodesk para impartir sus cursos con su respaldo y garantía. Autodesk cuenta con un programa específico de formación de instructores para cada una de sus aplicaciones. En los ATC, además de recibir formación de la mano de un ACI respaldada por la propia marca, se puede obtener un certificado de aptitud con reconocimiento en el sector. Además se puede validar el conocimiento de los productos con la certificación de Autodesk tras superar el correspondiente examen en un ACC. (Autodesk 2014)

En la actualidad existen en España varios ACC de Autodesk, pero el de la UPV es el único con sede en una universidad pública o privada. También es ACC el Instituto Arquitectura del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. El resto en España hasta diez, son instituciones privadas (Autodesk 2014). El Centro de Formación DIGD o Grupo de Investigación y Gestión del Diseño DIGD de la Universitat Politècnica de València fue como se ha dicho el primer, y de momento único, centro reconocido como ATC de Autodesk en España en una universidad pública. En 2011 adquirió la categoría de ACC. A partir de ese momento el Centro se divide en dos, uno dedicado a los productos de Industria, Fabricación, Medios y Entretenimiento, que conserva el mismo nombre DIGD, y otro dedicado a Arquitectura, Ingeniería de Edificación y Construcción, es decir BIM, cuya sede es la ETSIE. Los cursos que imparten ambos se organizan a través del Centro de Formación Permanente de la UPV. (Cerdán 2011)

Los centros privados de enseñanza

Cuando se está en el marco de una tesis que persigue la justificación de la implementación de la metodología BIM como parte de los estudios de Grado de Arquitectura Técnica, la estrategia empleada por las instituciones privadas de enseñanza en este campo es realmente de interés.

Las instituciones privadas de enseñanza son empresas cuyo motivo es el negocio. Sus ofertas responden directamente a la demanda. Son muchas las veces que esa demanda viene motivada por la obligación de cumplir determinado mandato normativo, pero ellas no están obligadas a actualizarse por ese mandato sino por lo que él supone para los potenciales clientes del centro. Así, diseñan sus programas formativos al ritmo y necesidades de estos.

Por poner un ejemplo, el hecho de que a partir de 2013 fuese obligatoria, por el RD 235/2013, la certificación de la eficiencia energética de determinados inmuebles que fuesen a ser vendidos o alquilados, hizo que surgieran por todo el país centros de formación que ofertaban cursos sobre la cuestión. Pero no eran cursos sobre sostenibilidad, ni sobre eficiencia energética, ni sobre rehabilitación energética. Los cursos estaban pensados única y exclusivamente para capacitar a sus alumnos-clientes en el uso del software reconocido y autorizado para realizar el certificado exigido por ley. Los primeros centros que lo ofertaron fueron ellos, los centros privados que únicamente han de responder a sus clientes y deben hacerlo en tiempo y forma. Nadie, excepto el mercado, les marca plazos, duración de los cursos, personal, diseño del programa, y/o precios. Fueron muchos los centros que ya los estaban ofertando incluso antes de la entrada en vigor del RD y que sirvieron incluso para formar a los futuros formadores. El primer curso de este tipo que ofertó el Centro de Formación Permanente de la UPV fue en junio de 2013 cuando el RD ya había entrado en vigor. Los cursos de formación impartidos en las instituciones universitarias públicas, aunque no estén enmarcados dentro de las enseñanzas regladas, han de pasar por un proceso de aprobación interna que afecta a su estructura y contenido, profesorado, diseño, programación y precios, además de que deben ser económicamente viables, ya que para su puesta en marcha se utilizan recursos públicos. Todo ello se ha de hacer según la reglamentación general de la Administración Pública y la interna de cada universidad. Esto lleva un tiempo que en muchas ocasiones hace que la universidad vaya un paso por detrás de centros privados no sujetos a estas condiciones.

Esto mismo ocurrió en el tema que nos ocupa. Las instituciones privadas de enseñanza fueron, junto con los propios proveedores de software, las pioneras en la formación en metodología BIM, o más exactamente en tecnología BIM, esto es, en el manejo de herramientas y aplicaciones BIM. A partir de ahí y por la demanda del mercado, muchos de los alumnos que se formaron en ellas redirigieron su situación profesional hacia BIM convirtiéndose en consultores o asesores BIM y también paralelamente en formadores BIM.

Si las academias y centros de formación se habían dedicado casi con exclusividad a la enseñanza del manejo de las herramientas de diseño BIM, no fue hasta más tarde, cuando sus primeros alumnos ya se habían formado y quizá establecido profesionalmente como modeladores BIM e incluso BIM manager, que tuvieron que dar el paso a la especialización en BIM. Los antiguos alumnos/clientes, ahora profesionales con experiencia relativamente básica en diseño y gestión de

proyectos en BIM, demandaban avanzar en la metodología y abrazarla como tal, no quedarse en la tecnología o las herramientas. Querían formarse como verdaderos agentes BIM, querían “hacer BIM” en todo el proceso de construcción e incluso después de él, durante el resto de la vida del edificio. Se ha visto en el apartado sobre la opinión del sector.

En esta evolución natural de los profesionales hacia la adopción completa de la metodología BIM, las redes sociales, redes profesionales, blogs y foros especializados, así como los propios profesionales y empresas constructoras y consultoras a través de sus sitios web, han jugado un papel decisivo y fundamental. Las nuevas formas de comunicación han sido el germen para dar el siguiente paso: la demanda de formación especializada en BIM.

En esto también los centros privados han sido pioneros ofertando en primera instancia la formación en el manejo de programas informáticos especializados para la fase de diseño BIM del proyecto. Esto es, especializados en el diseño y el cálculo estructural, de instalaciones, energético, en visualización, realidad virtual, en el cálculo de costes de proyecto, etc. Pero también en cálculo de recursos y costes de obra, en programación y gestión de recursos materiales, industriales y humanos para la fase de construcción BIM. Aparecieron algunas ofertas de cursos de formación en herramientas más especializadas, como Navisworks, pero muy puntuales, no demasiado numerosas. Finalmente llegó a ser demandada la formación global para el resto de la vida del edificio, una vez diseñado y construido, es decir, para gestionar el edificio en su operatividad en su explotación, en su mantenimiento, reforma y, si es el caso, en la demolición y la gestión de los residuos que se generasen.

Sin embargo, hasta aquí se diría que se sigue hablando solo de formación en el uso de herramientas BIM. ¿Cómo se aglutina todo esto para que el profesional acabe formándose realmente en la metodología y tenga la apreciación de que está “haciendo BIM”, y no solo utilizando una herramienta de diseño, cálculo estructural o programación de obra? La respuesta está en el siguiente formato formativo que aparece.

Se suelen publicitar como másteres¹³⁹ y nuevamente son los centros privados de formación los que dan primero el salto y responden a esa demanda. La universidad privada les sigue y nuevamente la universidad pública queda un paso atrás.

Según el Real Decreto 56/2005, de 21 de enero, por el que se regulan los estudios universitarios oficiales de posgrado, los estudios universitarios de segundo ciclo conducentes a la obtención del título oficial de Máster Universitario tendrán una extensión mínima de 60 créditos ECTS y máxima de 120, y estarán dedicados a la formación avanzada, de carácter especializado o multidisciplinar, dirigida a una especialización académica o profesional, o bien a promover la iniciación en tareas investigadoras. Necesariamente se debe estar en posesión de una titulación de grado para poder acceder a ellos. Los regula la ANECA, es decir, la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación dependiente del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, con lo cual tienen homologación en el EEES. Los másteres (de investigación) son la única vía ordinaria de acceso al doctorado.

En algunos casos los estudios que se publicitan como máster están enmarcados en colaboraciones con universidades públicas o privadas, circunstancia que puede darles el carácter de Título Propio de esa universidad. Los títulos propios de una universidad, independientemente de su duración, tienen la particularidad de que son propuestos y aprobados por los consejos de las universidades, y por tanto se someten a estándares normativos más flexibles si se les compara con los Másteres Universitarios. Esto hace que salgan mucho más rápido al mercado a atender las demandas de titulados, profesionales y empresas. Normalmente se exige una titulación de grado para acceder a ellos pero en ningún caso tienen consideración de Máster Universitario Oficial.

En otras ocasiones lo que se ofrece desde este tipo de centros no son más que cursos de aprendizaje en el manejo de varias herramientas BIM complementados con algo más, y en algunos casos ni siquiera eso. Son más o menos completos y abarcan solo algunas o todas las fases del ciclo de vida del edificio. Se les denomina cursos de Formación Continua o de Experto.

En resumen hay que decir que en este campo de las instituciones privadas la formación ofrecida si algo ha sido es muy heterogénea, casi a demanda.

¹³⁹ Se les debe denominar simplemente máster para distinguirlos de los Másteres Universitarios (también llamados Oficiales).

En la Tabla 9 se muestra un listado no exhaustivo de algunos de los centros de enseñanza más representativos de nuestro país que se han especializado en BIM o que ofrecen formación de este tipo.

OTROS CENTROS (no exhaustivo)				
Centro	Título	Tipología	ECTS	Modalidad
IDESIE Business School http://www.eae.es	Máster BIM Manager - MBIM	M*	60	p
	Master Business & Building Engineering - MBBE	M*	60	p
Zigurat - Universitat Politècnica Catalunya http://www.e-zigurat.com	Máster de Estructuras Metálicas y Mixtas en Edificación - MEM	TP	60	ol
Zigurat http://www.e-zigurat.com	Máster MEP con Tecnología BIM	M*	60	ol
	Máster BIM Manager - MBIM	M*	60	ol
CICE http://cice.es	Máster BIM Oficial de Autodesk - MBA	M*	30	p
	Curso Oficial Especializado en BIM Manager - Autodesk	FC	15	p
	Curso Oficial de Arquitectura y Construcción con Autodesk Revit®	FC	15	p
LAB24STUDIO http://www.24studiolab.com	Curso Experto BIM I y II	EX	30	p
3D CUBE http://www.3dcube.es	Máster en Desarrollo y Coordinación de Proyectos BIM con Revit® de Autodesk	EX	440 h	p/ol
Fundación Escuela de Edificación http://www.esc-edif.org	MBIM - Máster BIM	M*	85	p
Animum-Cardenal Spínola CEU http://www.animum3d.com	Máster - BIM Manager con Autodesk Revit®	TP	60	p
	Curso de Experto - Instalaciones BIM con Revit® MEP	EX	30	p
CT SOLUTIONS http://www.ctformacion.es	Máster en Proyectos BIM con Tecnología Autodesk	M*	250 h	p
M* = Máster no universitario; TP = Título propio; EX = Experto; FC = Curso de Formación Continua				
P = presencial; sp = semipresencial; ol = on line				

Tabla 9. Oferta de estudios de especializados en BIM en los centros privados de enseñanza españoles. 2015. Elaboración propia

Como ejemplo analizamos la oferta de IDESIE. El IDESIE Business School es uno de los centros con más prestigio y uno de los primeros centros en ofrecer estos estudios. De los dos formatos ofertados es el Máster BIM de 60 ECTS y 800 horas de docencia el que más se ajusta a lo que aquí se trata por estar diseñado para titulados con menos de 5 años de experiencia. Su programa está formado por cinco módulos con unos contenidos muy completos que abarcan todo el ciclo de vida del edificio, además del manejo de los cuatro softwares BIM de mayor implantación en España (Revit, ArchiCAD, AECOsim® y Allplan) y otros muchos (más de 30 de ellos). Ofrecen además un segundo formato, el MBBE que combina la metodología BIM con los estudios de negocio. En ambos casos, tanto para el MBIM como para el MBBE, ofertan una versión *Executive* a tiempo parcial destinada a profesionales ya que está dirigido a ingenieros y arquitectos con una experiencia profesional superior a 5 años y en activo. Es pues una escuela, además de pionera, innovadora, con productos muy completos, y atenta a las necesidades de sus potenciales clientes. Su formato en cuanto a contenidos, horas de docencia, etc., es quizá difícilmente reproducible en la universidad española, sin embargo más de una escuela universitaria ha tomado sus estructuras como referente a la hora de diseñar sus propios cursos.

Los colegios profesionales

Se decía en el Capítulo 1 que cabría preguntarse cuál es el papel que han jugado los colegios profesionales y qué postura han tomado ante la necesidad real y demanda efectiva de formación especializada en BIM por parte de sus colegiados, especialmente porque se trata de instituciones de vital importancia para la profesión ya que el ejercicio de la misma va vinculado obligatoriamente por ley a una colegiación profesional.

La Ley 2/1974, de 13 de febrero, sobre Colegios Profesionales¹⁴⁰, dice en su artículo quinto que corresponde a los Colegios Profesionales el ejercicio de, entre otras, las siguientes funciones, en su ámbito territorial:

- Organizar actividades y servicios comunes de interés para los colegiados, de carácter profesional, formativo, cultural, asistencial y de previsión y otros análogos, proveyendo al sostenimiento económico mediante los medios necesarios.

¹⁴⁰ Revisada hasta en cuatro ocasiones, la última en el 2012, que es la que está vigente. Ninguna de estas modificaciones afecta a lo que se trata en este punto.

- Organizar, en su caso, cursos para la formación profesional de los postgraduados.

Era de esperar pues que, ante esta clara definición defunciones, estas instituciones respondiesen.

Se decía también que la experiencia de la autora le permite afirmar que los colegios profesionales han respondido, sí, pero no han sido ni iniciadores ni impulsores de actividades de información y/o formación con perspectivas reales de futuro. En su mayoría los colegios se han inclinado por ofertar algunos productos de formación “expres” para “reciclar” a sus colegiados a corto plazo y en general han fallado en el tiempo, es decir, que se podría decir que han reaccionado tarde.

COLEGIOS DE APAREJADORES, ARQUITECTOS TÉCNICOS E INGENIEROS DE EDIFICACIÓN				
Colegio	Título	Tipología	Duración	Año
Area Building School (Madrid, Barcelona) http://www.areabs.com/	BIM: Revit Architecture 2014. Nivel Inicial	FC	30h	2013
	BIM: Revit Architecture 2014. Nivel Avanzado	FC	30h	2013
	BIM Facility Management	FC	20h	2015
Barcelona http://www.apabcn.cat/	BIM: Revit Architecture 2014. Nivel Inicial	FC	30h	2013
	BIM: Revit Architecture 2014. Nivel Avanzado	FC	30h	2013
	BIM Expert in Project Management	FC	20h	2014
	Amidaments i pressupostos amb BIM	FC	16h	2014
	Instal·lacions amb Revit MEP. BIM	FC	20h	2014
	Detalls constructius amb BIM	FC	16h	2014
	Postgrau BIM Manager (1ª edición)	EX	262h	2015
	Expert en reformes i rehabilitació BIM	FC	20h	2015
	Certificació energètica amb BIM	FC	20h	2015
	Expert en planificació, amidaments i pressupostos BIM	FC	28h	2015

COLEGIOS DE APAREJADORES, ARQUITECTOS TÉCNICOS E INGENIEROS DE EDIFICACIÓN				
Colegio	Título	Tipología	Duración	Año
	Autodesk Revit: Expert en modelatge d'informació de construcció	FC	60h	2015
València http://www.caatvalencia.es/	Iniciación al BIM/Revit Architecture	FC	40h	2014
	Curso Allplan 2016. La plataforma BIM para construcción	FC	24h	2015
Huesca http://www.coathuesca.com/	Revit Arquitectónico. Curso iniciación	FC	16h	2015
Murcia http://www.coatmu.es/	Taller práctico Autodesk Revit	FC	24h	2015
Navarra http://www.coatnavarra.org/	Revit Básico. Incorpórate a la tecnología BIM	FC	20h	2015
	Revit Arquitectónico.	FC	16h	2015
	Revit Arquitectónico. Módulo familias	FC	12h	2015
Bizkaia http://www.coatbi.org/	Iniciación a las tecnologías BIM	FC	35h	2014
La Rioja http://www.coatr.es/	Revit Arquitectónico Curso de Iniciación	FC	-	2014
Lugo http://www.coatlugo.com/	REVIT Iniciación	FC	32h	2015
Pontevedra http://www.coatpo.es/	Curso Revit Módulo 1. BIM Nivel A1	FC	20h	2015
Salamanca http://www.coatsa.org/	Curso Básico - Taller: Revit	FC	18h	2015
Madrid http://www.aparejadoresmadrid.es/	2015 Año BIM	J	-	2015
Escuela Edificación http://escuelaedificacion.org/	MBIM - Máster BIM = 4 Cursos de experto	M	426h/ 85 ECTS	2013
Ciudad Real http://www.coatcr.es/	Revit Architecture 2015	FC	20h	2015
	Revit Structure 2015	FC	20h	2015
	Revit Mep 2015	FC	20h	2015
Toledo	Revit Básico. Incorpórate a la tecnología BIM	FC	20h	2015

COLEGIOS DE APAREJADORES, ARQUITECTOS TÉCNICOS E INGENIEROS DE EDIFICACIÓN				
Colegio	Título	Tipología	Duración	Año
http://www.coatietoledo.org/	Revit Arquitectónico.	FC	16h	2015
	Revit Arquitectónico. Módulo familias	FC	12h	2015
Cádiz http://www.coaatc.es/	Curso BIM con Autodesk Revit	FC	60h	2014
Málaga http://www.coaat.es/	BIM, Herramienta Clave al Servicio del Project & Construction Management	J	-	2012
	Curso de Iniciación BIM	FC	20h	2014
	Curso BIM: Revit Básico + Revit Arquitectura (R2+R3)	FC	20h	2014
	Curso BIM: Revit Mediciones (R4)	FC	12h	2014
	Revit Arquitectónico: Curso de Iniciación	FC	16h	2015
	Revit Arquitectónico: Curso de Iniciación (Familias)	FC	12h	2015
M = Máster; FC = Curso de Formación Continua; J = Jornada Informativa				

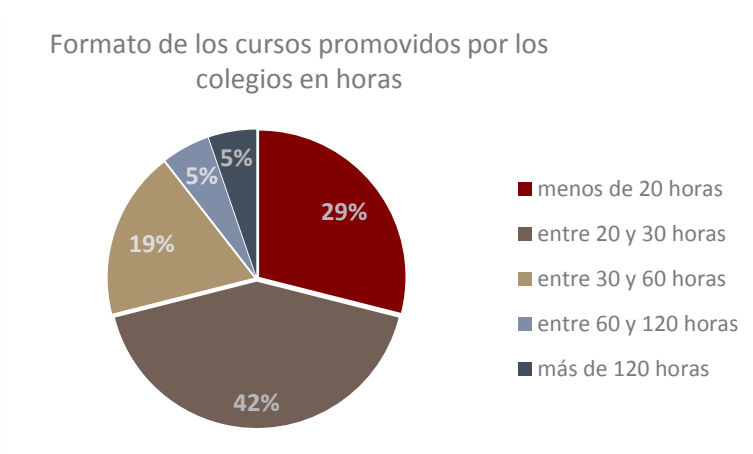
Tabla 10. Oferta de estudios de especializados en BIM en los colegios profesionales de aparejadores, arquitectos técnicos e ingenieros de edificación. 2015. Elaboración propia

Y por último, en esta alusión al papel de los colegios profesionales en el Capítulo 1 se acababa diciendo que, por supuesto, en un trabajo de esta índole no se puede dejar tal afirmación basada únicamente en una mera opinión o experiencia personal. Es por ello que se ha realizado una búsqueda de productos de formación en la oferta que los 55 colegios de aparejadores, arquitectos técnicos e ingenieros de edificación españoles tienen en sus sitios web. Estos son los datos objetivos que apoyan esta afirmación.

Antes de analizar los datos recogidos en la Tabla 10, se considera imprescindible hacer unas puntualizaciones a la búsqueda realizada: se ha limitado a los colegios de aparejadores, arquitectos técnicos e ingenieros de edificación por una cuestión de proximidad. Se puede considerar que son representativos de los resultados que se hubiesen extraído si la búsqueda se hubiese extendido a los colegios de arquitectos también.

A partir de estos resultados se puede decir que:

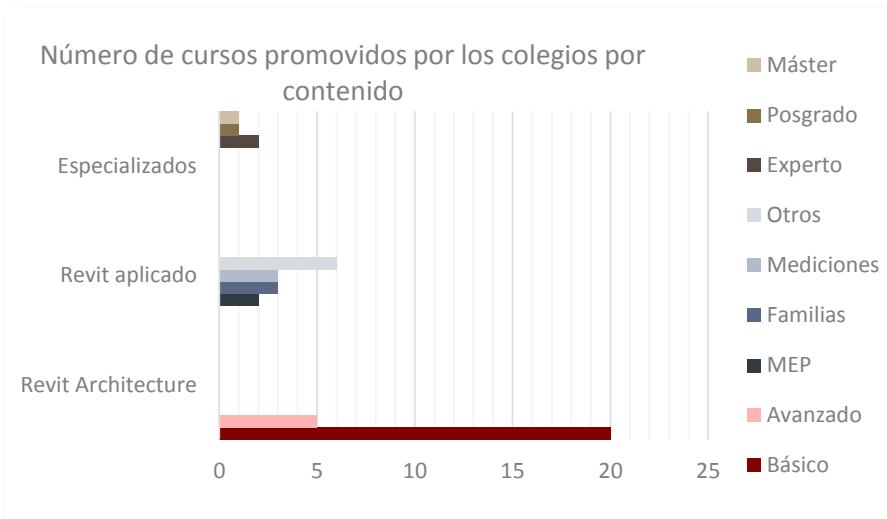
- De los 55 colegios existentes solo se ha obtenido información de 15 y de dos instituciones de formación nacidas bajo los auspicios de dos de ellos. Esto se debe a diversas razones: en gran cantidad de ellos simplemente no se ofrece formación de contenido BIM, como en los de Álava, Zamora, Castellón, entre otros; en otros el acceso a los apartados de formación de sus sitios web es restringido para colegiados como en los de Ávila, León, Huelva o Jaén, por ejemplo; por último, son mayoría los casos en los que no se encuentra un histórico de actividades de formación en sus sitios web, por tanto solo nos podemos referir a las ofertada en el momento de la consulta.
- En este mismo orden de cosas, el hecho de que la mayoría de los colegios no presenten ese histórico de sus actividades formativas supone que no se pueda determinar con exactitud cuándo se ofertaron los primeros cursos



con contenido BIM. Sin embargo, en aquellos en los que sí que lo presentan, lo más “antiguo” que se ha encontrado ha sido una jornada informativa en el colegio de Málaga en el año 2012.

- Los productos ofrecidos son calificables en su mayoría de formación continua y se ofrecen en formato corto, esto es entre 20 y 30 horas de duración. La suma de todos los que no llegan a 30 horas son la mayoría. Hay dos actividades que se desmarcan de todo esto por su duración. Uno es el Posgrado en BIM Manager (262 horas) del colegio de Barcelona, que celebrará en el curso 2015-16 su primera edición. El otro es el Máster BIM de la Escuela-Edificación del Colegio de Madrid con 85 ECTS (426 horas). Este se puede cursar como cuatro módulos de experto independientes.

- El contenido de los cursos es en general de formación en el manejo de herramientas BIM. La mayoría llevan en su denominación la condición de “curso básico”, “iniciación”, “nivel I”, etc. Queda muy lejos la gestión integrada de proyectos con contenidos multidisciplinares, o a lo largo de la vida del edificio. Existen algunos cursos, dentro de la formación en el manejo de herramientas pero que van más allá de la arquitectura o diseño, lo cual es bastante lógico cuando se trata de oferta en colegios cuyos miembros no tienen en el diseño y la redacción de proyectos su actividad profesional prioritaria. Son cursos de mediciones y presupuesto, análisis energético, programación de obra, detalles constructivos, project management, etc., con BIM. Pero por su corta duración también a nivel de iniciación. La entidad que ofrece más cantidad de estos cursos específicos es el colegio de Barcelona.
- Se han incluido en la Tabla 10 dos “jornadas” con una duración mucho menor que el resto y que no tienen carácter formativo sino más bien informativo. Se trata de un formato bastante utilizado por los colegios (de hecho se han localizados muchas más) como avanzadilla a la oferta de cursos de mayor duración. Las jornadas, permiten a las instituciones



tantear el interés y la disponibilidad de sus colegiados antes de hacer la oferta efectiva. Por su parte, claro, también permite al colegiado estar informado de las novedades, pero sobre todo constatar gratuitamente o por un precio muy bajo si le interesa o no el producto. Las dos jornadas

incluidas en la tabla lo está, una por ser el producto más antiguo de los encontrados y la otra, muy reciente, celebrada en el colegio de Madrid para la presentación del evento 2015 Año BIM, por su significado.

- Por último, y sin que sea algo a lo que se quiera dar más relevancia que la simple mención, decir que Revit de Autodesk es la herramienta con mayor presencia cuando se trata de cursos de iniciación a la tecnología.

Tras la lectura de los sitios web de los colegios profesionales, la recopilación de toda la información que ofrecen y el análisis de dicha información, se está en condiciones de concluir con que se confirman las afirmaciones previamente hechas desde la experiencia de la autora, y que se consideraba necesario confirmar:

- Los colegios han dirigido su oferta formativa, cuando la han tenido, hacia cursos de iniciación, básicos y, fundamentalmente, de manejo de herramientas.
- Ello supone dar a sus colegiados una formación a corto plazo pero no en profundidad ni integral.
- Los colegiados deberán acudir necesariamente a la formación superior en formato máster o título propio que les ofrezcan otros centros de formación privados, o si es el caso, las universidades.
- La mayor parte la oferta se ha producido en los últimos tres años.
- Los colegios no han liderado ni impulsado la formación de ese nivel.

Para terminar se quiere hacer mención a tres experiencias formativas que se han localizado en este rastreo y que sobrepasan el ámbito de un colegio territorial. Son además cursos de mayor duración y con mayor profundidad en la metodología BIM que los que hemos visto hasta ahora ofertados en los colegios.

Por un lado el *Área Building School*¹⁴¹. Es una institución intercolegial en la que participan los colegios de aparejadores, arquitectos técnicos e ingenieros de edificación de Barcelona y Madrid y cuenta con el aval del CGATE. A su formación online redirigen a sus colegiados muchos de los colegios que no cuentan con una oferta propia suficiente, como es el caso de los de Girona, Córdoba, Alicante, Cáceres, etc.

La segunda institución es la Fundación Escuela de la Edificación¹⁴² constituida por el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid y que tiene

¹⁴¹ <http://www.areabs.com/>

¹⁴² <http://escuelaedificacion.org/>

como objetivo primordial “*la formación de profesionales al más alto nivel en aspectos técnicos, humanos, legales y de gestión, que les permitan dar la mejor respuesta a las necesidades del sector de la edificación y, por tanto, a la sociedad en su conjunto*”. Desde ella se gestionan los cursos de formación continua promovidos desde el colegio en formato fundación.

Y por último, en el colegio de Málaga se ha diseñado un *Programa Formativo Integral BIM* dirigido a los profesionales del sector AEC. Para conseguir una formación integrada en tecnología BIM se ha ideado un programa completo de nueve cursos de diferentes contenidos temáticos. De este modo es posible que cada alumno haga una selección de los cursos a los que optar según sus intereses profesionales individuales, su disponibilidad temporal o económica. El contenido del Programa, del cual solo se han impartido los 3 primeros niveles es:

- Iniciación Revit (R1)
- Revit Básico y Arquitectura (R2+R3)
- Revit Mediciones (R4)
- Revit Familias (R5)
- Revit en Equipos, Subproyectos y Proyectos Vinculados (R6)
- Revit Estructuras (R7)
- Revit Instalaciones (R8 y R9)
- Revit Visualización y Revisión de Proyectos (R10 y R11)
- Navisworks, Interferencias y Simulación de la Construcción (R12)

Paralelamente el mismo colegio¹⁴³ publicita una iniciativa llamada *Plan Formativo Colegios Profesionales*. Su objetivo es crear un programa de formación multidisciplinar entre colegios profesionales (diferentes formaciones académicas y experiencias profesionales con un objetivo común, facilitar la comunicación entre los sectores de la arquitectura, ingeniería y construcción a través de BIM con productos de Autodesk. De esta iniciativa se desconoce su estado de implantación.

La universidad

Ante la, efectivamente, creciente demanda de formación específica en BIM en los años más recientes, fueron varias las universidades públicas y privadas que empezaron a ofertar primero cursos de Formación Continua. A partir del curso 2013-14 la oferta tomó forma de Título Propio, para posteriormente ofertar estudios de Máster Universitario en la materia. Las pioneras en la oferta de máster

¹⁴³ <http://www.coaat.es/>

fueron la Universitat Politècnica de Catalunya y la Universidade da Coruña. De las privadas es la Universidad Europea de Madrid la que se postula como referente.

Por su parte, la oferta de asignaturas con contenidos BIM en los distintos grados de las disciplinas AEC ha seguido un recorrido tortuoso, podría decirse, pero sobre todo irregular y lleno de obstáculos. Tanto que se podría afirmar que, salvo casos muy puntuales, no existe.

Se ha realizado un rastreo en los sitios web de las universidades con el fin de localizar y definir toda la oferta de estudios de máster, títulos propios y otros cursos de posgrado.

Nos interesa conocer el estado actual de la universidad española en cuanto a la formación y el aprendizaje en BIM en todos sus niveles, pero especialmente en las titulaciones de grado, y más concretamente en el Grado de Arquitectura Técnica (o con la denominación equivalente según la universidad). Para ello se continuará listando todas las universidades que ofrecen grados de la rama AEC¹⁴⁴ y se tratará de detectar aquellas que tengan contenidos BIM integrados en algunas de sus titulaciones y/o asignaturas. Esto no se prevé fácil ya que el nivel de implantación de BIM en los grados en España es casi experimental cuando no testimonial. En muchas ocasiones se trata de iniciativas individuales de un profesor sin haber sido programadas oficialmente, o se plantean como experiencias piloto en un único grupo de docencia entre todos los grupos de matrícula. En ambos casos pueden no tener siquiera reflejo en las guías docentes publicadas. Es por ello que solo pueden llegar a conocerse a través de la publicación de los resultados de estas experiencias por parte de los profesores en congresos de pedagogía, docencia universitaria o congresos de temática BIM. De ahí precisamente, de las publicaciones en congresos se va a nutrir este apartado. Y especialmente de las comunicaciones de la línea *BIM en la Universidad* en los sucesivos congresos EUBIM. Una vez localizadas se analizarán tanto ellas como los resultados, y sobre todo la opinión y la valoración que de ellas hagan los profesores promotores, si se conociesen. Se estará en ese momento en condiciones de analizar el estado actual de la cuestión, hacia dónde va, de qué carece y en qué niveles de la enseñanza reglada se encuentran las mayores carencias.

Los resultados del primer rastreo de sitios web se concretan en la oferta de formación de posgrado existente para el curso 2015-2016 en la universidad pública

¹⁴⁴ Aunque en el acrónimo AEC se consideran incluidas otras ingenierías, para esta tesis lo vamos a reducir a los estudios de arquitectura, arquitectura técnica, construcción y las ingenierías civil/obras públicas y de edificación.

española que se detalla en la Tabla 11. Se distinguen entre máster, título propio, experto o cursos de formación continua. Se ha indicado también su duración y modalidad de docencia.

UNIVERSIDADES PÚBLICAS				
Centro	Título	Tipología	ECTS/h	Modalidad
Universidad Politécnica de Madrid http://www.upm.es	Gestión de Proyectos BIM en Arquitectura e Ingeniería Sostenibles MeBIMm (Máster BIM Management)	M	60	sp
	Metodología y Gestión BIM de Proyectos, Construcción y Activos Inmobiliarios (Building Information Modeling Project, Construction & Facility Management)	M	70	p
	Curso de Especialización en Gestión BIM de Proyectos, Construcción y Activos Inmobiliarios (BIM Project, Construction & Facility Management)	TP	30	p
	Curso Superior de Especialización en Metodología BIM	TP	30	p
Universidade da Coruña http://www.udc.es	Máster en Gestión de Información de la Construcción BIM	M	70	p
	BIM Expert	EX	27	sp
	Curso de Especialización en BIM (Building Information Modeling)	FC	30	p
Universitat Politècnica Catalunya http://www.upc.edu	Màster universitari en Arquitectura	M	60	p
	Màster universitari en Enginyeria d'Edificació	M	90	p
	BIM Management Steering. Building Information Modeling y Nuevos Modelos de Negocio	M	60	p
	BIM Management. Gestión Multiplataforma de Building Information Modeling	TP	35	p
Universidad de Sevilla http://www.us.es	Máster Universitario en Innovación en Arquitectura: Tecnología y Diseño	M	60	p
	Proyecto de Ejecución de Arquitectura Mediante Tecnología BIM	EX	15	ol
	Proceso y Gestión del Edificio Virtual Aplicando el BIM de ArchiCAD (Building Information Modeling). Nivel I	FC	4	p

UNIVERSIDADES PÚBLICAS				
Centro	Título	Tipología	ECTS/h	Modalidad
UNED http://portal.uned.es	Diploma de Experto en Tecnologías BIM	EX	40	ol
Universitat Politècnica de València http://www.upv.es	Máster en Edificación. Especialidad Gestión	M	72	p
	Máster en Gestión de Información de la Construcción BIM	M	70	ol
M = Máster; TP = Título propio; EX = Experto; FC = Curso de Formación Continua				
p = presencial; sp = semipresencial; ol = on line				

Tabla 11. Oferta de estudios de posgrado en BIM en la universidad pública española. 2015. Elaboración propia

Por su parte, los resultados para la universidad privada española se detallan en la Tabla 12. Se han incluido en este caso los mismos datos que para la pública.

UNIVERSIDADES PRIVADAS				
Centro	Título	Tipología	ECTS	Modalidad
Universidad Europea de Madrid http://madrid.universidadeuropea.es	Máster Internacional en Arquitectura March II (València)	M	60	sp
	Máster Universitario en Diseño y Construcción Avanzados de Estructuras Arquitectónicas - Integración S-BIM	M	60	sp
	Máster Universitario en Gestión de la Edificación y Construcción – Construction Management MBA	M	60	p
	Máster Universitario en Gestión de la Edificación y Construcción – Construction Management MBA	M	60	ol
	Postgrado de Experto en Gestión de Proyectos, Metodología BIM	TP	30	p
Universidad San Jorge http://www.usj.es	Experto en Flujo de Trabajo BIM con Revit®	TP	18	p
Universidad Pablo Olavide https://www.upo.es	Experto BIM (Building Information Modeling) y Arquitectura Sostenible, I Edición.	TP	20	p

UNIVERSIDADES PRIVADAS				
Centro	Título	Tipología	ECTS	Modalidad
Universidad Rey Juan Carlos + RENDERSFACTORY https://www.urjc.es	BIM Specialist	EX	14	p
Universitat Internacional de Catalunya http://www.uic.es	Máster Internacional en Procesos BIM	M	60	P
	Postgrado en BIM Manager	TP	40	p
	Postgrado en Operador BIM	TP	20	p
M = Máster; TP = Título propio; EX = Experto; FC = Curso de Formación Continua				
p = presencial; sp = semipresencial; ol = on line				

Tabla 12. Oferta de estudios de posgrado en BIM en la universidad privada española. 2015. Elaboración propia

Tras la lectura y análisis de los sitios web de las todas las universidades españolas con oferta de estudios de la rama AEC, se puede decir que la oferta de grados de dicha rama en las universidades españolas es la de la Tabla 13.

UNIVERSIDADES PÚBLICAS		
Universidad	Grados AEC que oferta	Dirección web
Universidad de Alcalá	Arquitectura ¹⁴⁵ Arquitectura Técnica	http://www.uah.es
Universidad de Alicante	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://www.ua.es
Universidad de Burgos	Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://www.ubu.es
Universidad de Cádiz	Ingeniería Civil	http://www.uca.es
Universidad de Cantabria	Ingeniería Civil	http://web.unican.es
Universidad de Castilla La Mancha	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://www.uclm.es
Universidad de Córdoba	Ingeniería Civil	http://www.uco.es

¹⁴⁵ Para los estudios de arquitectura técnica se ha indicado el genérico Arquitectura Técnica por simplificar, independientemente de la denominación que el Título de Grado correspondiente tenga para cada universidad en el momento de la consulta. Para los estudios de arquitectura también se ha utilizado el genérico Arquitectura sin distinguir si se trata del Grado en Fundamentos de Arquitectura o el Grado en Estudios de Arquitectura. Se continuará haciendo así durante el resto de la tesis.

UNIVERSIDADES PÚBLICAS		
Universidad	Grados AEC que oferta	Dirección web
Universidad de Granada	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	https://www.ugr.es
Universidad de Jaén	Ingeniería Civil	http://www10.ujaen.es
Universidad de La Laguna	Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://www.ull.es
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	Arquitectura Ingeniería Civil	https://www.ulpgc.es
Universidad de Málaga	Arquitectura	http://www.uma.es
Universidad de Oviedo	Ingeniería Civil	http://www.uniovi.es
Universidad de Salamanca	Ingeniería Civil	http://www.usal.es
Universidad de Sevilla	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://www.us.es
Universidad de Valladolid	Arquitectura	http://www.uva.es
Universidad de Zaragoza	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://www.unizar.es
Universidad del País Vasco	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://www.ehu.eus
Universidad Extremadura	Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://www.unex.es
Universidad Politécnica de Cartagena	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://www.upct.es
Universidad Politécnica de Madrid	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://www.upm.es
Universidad Rey Juan Carlos	Arquitectura	https://www.urjc.es
Universidade da Coruña	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	https://www.udc.es
Universidade de Santiago de Compostela	Ingeniería Civil	http://www.usc.es
Universitat de Girona	Arquitectura Arquitectura Técnica	http://www.udg.edu
Universitat de les Illes Balears	Arquitectura Técnica	http://www.uib.cat
Universitat de Lleida	Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://www.udl.es

UNIVERSIDADES PÚBLICAS		
Universidad	Grados AEC que oferta	Dirección web
Universitat Jaume I	Arquitectura Técnica	https://ujiapps.uji.es
Universitat Politècnica de Catalunya	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil Ingeniería de Obras Públicas	http://www.upc.edu
Universitat Politècnica de València	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil Ingeniería de Obras Públicas	https://www.upv.es
Universitat Rovira i Virgili	Arquitectura	http://www.urv.cat
UNIVERSIDADES PRIVADAS		
Universidad	Grados AEC que oferta	Dirección web
IE University	Arquitectura	http://landingie.uie.edu
Universidad Alfonso X el Sabio	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://www.uax.es
Universidad Antonio de Nebrija	Arquitectura	http://www.nebrija.com
Universidad Camilo José Cela	Arquitectura Arquitectura Técnica	http://www.ucjc.edu
Universidad Católica San Antonio de Murcia	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://www.ucam.edu
Universidad CEU Cardenal Herrera	Arquitectura	https://www.uchceu.es
Universidad CEU San Pablo	Arquitectura	http://www.uspceu.com
Universidad de Navarra	Arquitectura Arquitectura Técnica	http://www.unav.edu
Universidad Europea de Madrid	Arquitectura Arquitectura Técnica Ingeniería Civil	http://madrid.universidadeuropea.es
Universidad Europea Miguel de Cervantes	Arquitectura Técnica	http://www.uemc.es
Universidad Francisco de Vitoria	Arquitectura	http://www.ufv.es
Universidad Pontificia de Salamanca	Arquitectura Arquitectura Técnica	https://www.upsa.es
Universidad San Jorge	Arquitectura	http://www.usj.es
Universitat Internacional de Catalunya	Arquitectura	http://www.uic.es

UNIVERSIDADES PÚBLICAS		
Universidad	Grados AEC que oferta	Dirección web
Universitat Ramon Llull Fundació	Arquitectura	http://www.url.edu

Tabla 13. Oferta de estudios de grado en la rama AEC en la universidad española. 2015.
Elaboración propia

La integración de BIM en la formación universitaria reglada tuvo su inicio, en todas aquellas estructuras docentes en las que se ha intentado, con una reflexión sobre el porqué de la formación en BIM, a quién iba dirigida, las necesidades estructurales y económicas que presentaba la empresa a acometer, y las posibilidades reales que cada escuela tenía para ponerla en marcha. Si una universidad, escuela o equipo docente responsable de una asignatura decidía emprender la empresa, es evidente que tenían el convencimiento de que BIM es el futuro. No se entrará en la valoración de sus razones. Tras la pertinente reflexión inicial con respecto al resto de cuestiones, los problemas que previeron fueron distintos según el nivel en que se deseara actuar. Así cuando se reflexionó sobre la implantación de BIM en el grado los problemas detectados fueron los siguientes:

- Partiendo de la rigidez de los planes de estudios y de la complejidad de los procesos que hay que iniciar para su modificación, introducirlo en el grado pasaba por hacerlo por medio de una asignatura de tipo optativa, de libre elección (si fuese el caso) o como área de intensificación. Esto es relativamente sencillo para cualquier escuela ya que el contenido de este tipo de asignaturas no está preestablecido en el plan de estudios. En muchas ocasiones son asignaturas que se diseñan cada año y permanecen en el plan de estudios solo si son demandadas por parte del alumnado. Son por tanto muy variables en forma y en el tiempo. Esta solución, sin embargo, presentaba un problema de peso. Se trataría en cualquier caso de una integración aislada en una sola asignatura, lo cual impediría el enfoque transversal y multidisciplinar deseable cuando se trabaja en BIM. Además su carácter optativo reduciría el número de alumnos a los que llegaría la iniciativa a aquellos que tuviesen a bien elegir la asignatura. Con ello la concienciación necesaria de la importancia de formarse en BIM tardaría mucho en calar en la masa crítica del alumnado y en el resto del profesorado de la escuela. Se evidenciaría poco en el conjunto de la titulación.
- El diseño de actividades BIM transversales con contenidos de varias asignaturas, o verticales abarcando a asignaturas de diferentes cursos, supondría la implicación de los responsables o docentes de varias

disciplinas. Este es posiblemente el mayor hándicap con el que los promotores se encontraron. Y quizá el más difícil de solucionar ya que no atiende a cuestiones estructurales, administrativas ni de procedimientos, sino a cuestiones de motivación e interés personal por parte de los profesores necesarios.

- Esta falta de motivación tenía su origen en el desconocimiento que tienen los docentes de la metodología BIM. Aún en la actualidad persiste; en la inexperiencia de los profesores en el manejo de las herramientas necesarias para trabajar en BIM y además hacer un uso didáctico de las mismas; en la consecuente necesidad de formar al profesorado con unos recursos económicos no siempre disponible o suficientes, aún más en estos últimos años de crisis y recortes en la inversión; y hacerlo a pesar de la carga docente e investigadora de cada uno de ellos, es decir, además de ella.
- Para que el alumno pudiera iniciarse en el trabajo en entorno BIM, aparte de un determinado nivel de usuario en el manejo de las herramientas básicas de diseño BIM, Revit o ArchiCAD, necesitaba tener unos conocimientos de construcción más que básicos que le permitiesen entender el proceso de diseño, construcción e incluso explotación del edificio. Es fundamental entenderlo de forma global y teniendo en cuenta no solo consideraciones de diseño, sino también de viabilidad técnica, económica, normativa, etc. Eso haría que, fuese cual fuese el formato elegido o posible, debía situarse en los últimos semestres de la titulación, esto es, del 5º o 6º semestre en adelante.

Las cuestiones estructurales y de infraestructura no figuran entre los problemas más graves e insalvables. Quizá pudieron serlo en los primeros intentos, pero con el tiempo han ido difuminándose. La universidad española en general está bien equipada. También son mayoría los alumnos que disponen de máquinas más o menos compatibles con estas tecnologías. Y si se trata del acceso a las herramientas BIM hay que decir que la estrategia comercial de los proveedores de los software de poner a su disposición versiones estudiante de acceso gratuito está más que extendida.

Cuando el planteamiento, por el contrario, es ofertar la formación de BIM fuera del grado, esto es, en forma de cursos de formación continua, las escuelas constatan que prácticamente todos estos problemas desaparecen o al menos se mitigan:

- El diseño de los cursos es totalmente a criterio del docente o equipo de docentes que lo diseña. Pueden tomar formato de curso de formación en

el manejo de las herramientas de diseño Revit y ArchiCAD u ofertar un nivel más avanzado e integrador. Son presentados normalmente en formatos cortos, asequibles para una mayoría por economía y tiempo. Se diseñan de contenido variado y complementario, o de distintos niveles de dificultad creciente. Y se estructuran o programan de tal manera que si son cursados en bloque se convierten en títulos de Experto o Especialista con un peso de entre 15 y 20 créditos ECTS, o incluso más largo como Título Propio de la universidad con 30 ECTS. En cualquier caso su aprobación como formación universitaria solo depende de la revisión y aprobación del consejo de la universidad en cuestión, y por tanto se someten a estándares normativos más flexibles. Esto hace que salgan mucho más rápido al mercado y sean más ágiles a la hora de atender las demandas de titulados, profesionales y empresas. Con el tiempo el formato de Título Propio puede llegar a convertirse en Máster Universitario, titulación oficial que da acceso a los estudios de doctorado.

- Aunque el formato de curso de formación continua normalmente supone contenidos muy concretos para cada uno de ellos, los formatos de Experto, Especialista y Título Propio, muchas veces solo por el hecho de ser el resultado de la unión de los anteriores, suponen formatos de formación con contenidos más globales. Además el diseño de cursos con mayor carga de créditos ECTS (más de 15 ECTS) que una asignatura de grado sola, permite la generación de transversalidad y verticalidad en las aplicaciones prácticas de los contenidos teóricos del curso.
- Para la docencia en estos cursos de formación permanente que están al margen de las enseñanzas regladas, la universidad puede contar con los servicios de personal experto externo a su PDI, con lo cual no ha de “esperar” a que sus docentes se motiven, se conciencien y, por supuesto, se formen. O visto de una manera un tanto más positiva, es una forma de atender a la demanda real existente, ofreciendo la formación que se está ofertando fuera de la universidad en tiempo, mientras posibilita la formación en BIM de su propio PDI.
- Se trata en cualquier caso de una formación posgrado y los requisitos de acceso los marca la propia universidad. Aunque pueden darse diversas casuísticas en cuanto a los requisitos de acceso, normalmente los alumnos que llegan a los cursos de experto, de especialista o a los títulos propios y los másteres, lo hacen con los contenidos de grado superados. Esta circunstancia les facilita el entendimiento de la metodología BIM y hace

posible de manera más eficiente la realización de actividades multidisciplinares. Por otro lado, los cursos específicos de formación en el manejo de herramientas de diseño BIM son los que necesitan los alumnos de grado como complemento a su formación en arquitectura o edificación para acometer con seguridad su formación posgrado de mayor nivel. Los pueden cursar al mismo tiempo que sus últimos semestres de la titulación o después.

- Por último, y como ventaja añadida, decir que son cursos abiertos a alumnos ajenos a la universidad, incluidos profesionales en activo, de manera que proporcionan ingresos extra a las universidades por tratarse de una enseñanza no reglada para la cual la universidad se comporta como si de un centro privado se tratase.

Por todo esto prácticamente todos los intentos derivaron como primera opción en cursos de formación posgrado de diferente peso en ECTS, quedando la integración en el grado como algo a seguir madurando.

Y en consecuencia, en su conjunto, esta maduración no ha llegado a un nivel muy alto en la universidad española. Ciertamente la universidad española no se ha planteado la integración de BIM en los grados de AEC, o por lo menos no hasta hace relativamente poco tiempo si se compara con las décadas que BIM lleva haciéndose un hueco en el sector productivo. Se han dado casos puntuales y nunca se ha tratado de algo generalizado en todas las escuelas. Y los intentos de hacerlo han sido de lo más variado. La mayoría son muy recientes y de los primeros en intentarlo no todos han tenido continuidad en el tiempo.

En un segundo rastreo por los sitios web de todas las universidades españolas que cuentan en su oferta con los Grados de Estudios de Arquitectura o Fundamentos de Arquitectura y/o Arquitectura Técnica (en cualquiera de sus denominaciones actuales), se han buscado en los planes de estudio de los títulos, en las guías docentes de las asignaturas y dentro de ellas en el detalle de contenidos que desarrollan, cualquier referencia explícita o implícita a contenidos BIM.

En algunos casos, mayoritariamente en las universidades privadas, las guías docentes no se publican completas. Es normalmente el detalle de contenidos y la estructuración del programa en temas o unidades didácticas lo que no se publicita. En ese caso se está restando información a este rastreo y pueden no ser detectados los contenidos buscados.

En otros, a pesar de contar con una guía docente accesible, la experiencia de integración no figura en ella. Seguramente se debe a que se trata de una experiencia piloto ni siquiera extendida para todos los alumnos matriculados en una asignatura, por lo que no puede figurar en un documento de contenido vinculante como es la guía docente.

Esto podría llegar a tener una consecuencia directa para esta tesis. Si no se refiere a ellas en las guías docentes correspondientes, y no se han publicado en los circuitos habituales, podría darse el caso de que quien escribe no pudiese llegar a tener conocimiento de ellas. Así y todo, se puede afirmar con cierta tranquilidad que los resultados obtenidos aquí coinciden en gran manera con la realidad. No hay que olvidar que se da en un periodo de tiempo relativamente reciente; en un espacio acotado como es la universidad, y en una rama concreta, la AEC; dentro de esa rama es un tema muy específico, la gestión de proyectos arquitectónicos y de edificación; el número de personas interesadas en ello en la universidad es bastante reducido; y por último, las vías de comunicación y de transmisión y compartición de conocimientos se reducen a los pocos congresos, encuentros y jornadas celebrados en los últimos 5 años y a las redes sociales. El espacio dedicado a la formación en BIM en las publicaciones especializadas en pedagogía universitaria es inexistente; las publicaciones dedicadas a difusión de BIM y de sus herramientas están más enfocadas al sector profesional y productivo, por tanto no entran en consideraciones de formación universitaria; y por último, a las publicaciones científicas no ha llegado demasiado conocimiento proveniente de la investigación en BIM, por tanto, mucho menos de la investigación docente.

Afortunadamente se tiene conocimiento de ellas porque los profesores promotores han tenido a bien compartir con el resto de la comunidad profesional y educativa sus razones para ponerlas en marcha, el diseño de la docencia y de las actividades, el planteamiento de los problemas con que se han encontrado, las soluciones que han encontrado, los resultados de la experiencia si es el caso, las perspectivas de futuro, los errores, los éxitos, etc. Y lo han hecho como ya se ha dicho, por medio de ponencias en congresos.

A pesar de ello esto debe cambiar, porque al igual que se ha dicho en el apartado dedicado a la formación en BIM en Europa, no se puede negar que los datos objetivos de lo que ocurre en el conjunto de la universidad española a nivel de estrategias de implantación de asignaturas con contenido BIM en los estudios universitarios es de gran interés para que el resto de la comunidad universitaria inicie su estrategia particular o una estrategia común. Si en el apartado

correspondiente a la formación en Europa se ha planteado como futura línea de investigación un trabajo colaborativo a nivel europeo sobre la evaluación del nivel de madurez BIM de todas aquellas instituciones de educación superior en la rama AEC, que se inicie en la universidad española se plantea como una acción ineludible a corto plazo.

El resultado de esta segunda búsqueda por las universidades españolas se resume en la Tabla 14.

UNIVERSIDADES PÚBLICAS						
Universidad	Grado AEC	Asignatura con contenidos BIM	Tipo	Departamento	Guía	Tipo de contenido
Universidad de Alcalá	A	Innovación y procesos. Transversalidad de integración de conocimientos en arquitectura	Op	Construcciones Arquitectónicas	S	Entornos de trabajo BIM. Coordinación de la producción arquitectónica
	AT	-	-	-	-	-
Universidad de Alicante	A	-	-	-	-	-
	AT	Sistemas avanzados de expresión gráfica	Op	Expresión Gráfica y Cartografía	S	Conocimiento de herramientas digitales disponibles BIM.
Universidad de Burgos	AT	-	-	-	-	-
Universidad de Castilla La Mancha	A	-	-	-	-	-
	AT	Dibujo avanzado de aplicación arquitectónica	Op	Ingeniería civil y de la edificación	S	Visión global, actualizada y práctica de las herramientas y flujos de trabajo BIM.
Universidad de Granada	A	-	-	-	-	-
	AT *	-	-	-	-	-
Universidad de La Laguna	AT	-	-	-	-	-

UNIVERSIDADES PÚBLICAS						
Universidad	Grado AEC	Asignatura con contenidos BIM	Tipo	Departamento	Guía	Tipo de contenido
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	A	-	-	-	-	-
Universidad de Málaga	A	-	-	-	*	-
Universidad de Sevilla	A	-	-	-	-	-
	AT	Infografía y Maquetación Virtual	Op	Expresión gráfica e Ingeniería en la edificación	S	Iniciación en la gestión integrada del proyecto infográfico: modelado BIM **
Universidad de Valladolid	A	-	-	-	-	-
Universidad de Zaragoza	A	-	-	-	-	-
	AT	-	-	-	-	-
Universidad del País Vasco	A	-	-	-	-	-
	AT	-	-	-	-	-
Universidad Extremadura	AT	Levantamientos Arquitectónicos y de Estructuras	Op	Expresión gráfica	S	Introducción. Conceptos básicos tecnología BIM. Software. Niveles LOD
	II ****	Proyectos 4º	Ob	Expresión gráfica	S	Gestión de proyecto con BIM**
		Aplicaciones informáticas para la ingeniería	Ob	Informática	S	Manejo básico de REVIT®
Universidad Politécnica de Cartagena	A	-	-	-	-	-
	AT	Instalaciones II	Ob	Construcciones Arquitectónicas	N	Taller piloto de integración BIM- instalaciones **
	A	-				



UNIVERSIDADES PÚBLICAS						
Universidad	Grado AEC	Asignatura con contenidos BIM	Tipo	Departamento	Guía	Tipo de contenido
Universidad Politécnica de Madrid	AT	-	-	-	-	-
Universidad Rey Juan Carlos	A	-	-	-	*	-
Universidade da Coruña	A	Representación avanzada en Arquitectura	Op	Representación y Teoría Arquitectónica	S	Presentación de herramientas de dibujo con ordenador en 3D y programas BIM
	AT	-	-	-	-	-
Universitat de Girona	A	-	-	-	-	-
	AT	-	-	-	-	-
Universitat de les Illes Balears	AT	-	-	-	-	-
Universitat de Lleida	AT	-	-	-	-	-
Universitat Jaume I	AT	Proyecto Dirigido (varias asignaturas)	Op ***	Varios	N	PBL de carácter transversal **
Universitat Politècnica de Catalunya	A	Aplicación de Sistemas de Diseño Paramétrico	Op	Expresión gráfica arquitectónica I	S	Introducción a la metodología BIM. Sist. Paramétricos. LOD Vs LOD (desarrollo vs detalle) BIM con componentes preconfigurados. Control y visualización de modelos. BIM con componentes personalizados.
	AT	-	-	-	-	-



UNIVERSIDADES PÚBLICAS						
Universidad	Grado AEC	Asignatura con contenidos BIM	Tipo	Departamento	Guía	Tipo de contenido
Universitat Politècnica de València	A	-	-	-	-	-
	AT	Gestión Integral del Proceso Edificatorio	Ob	Construcciones Arquitectónicas	S	Gestión de la Información del proceso constructivo con BIM.
		Taller de Proyecto de Interiores	Op	Expresión gráfica	S	La metodología BIM. El edificio virtual. Modelador de instalaciones MEP.
Universitat Rovira i Virgili	A	-	-	-	-	-
UNIVERSIDADES PRIVADAS						
Universidad	Grado AEC	Asignatura con contenidos BIM	Tipo	Departamento	Guía Docente	Tipo de contenido
IE University	A	-	-	-	-	-
Universidad Alfonso X el Sabio	A	-	-	-	-	-
	AT	-	-	-	-	-
Universidad Antonio de Nebrija	A	Diseño asistido por Ordenador II	Ob	Expresión Gráfica	S	Modelado. Obtención de modelos 3D. Introducción a ArchiCAD
Universidad Camilo José Cela	A	-	-	-	*	-
	AT	-	-	-	-	-
Universidad Católica San Antonio de Murcia	A	-	-	-	-	-
	AT	-	-	-	-	-

UNIVERSIDADES PÚBLICAS						
Universidad	Grado AEC	Asignatura con contenidos BIM	Tipo	Departamento	Guía	Tipo de contenido
Universidad CEU Cardenal Herrera	A	-	-	-	-	-
Universidad CEU San Pablo	A	-	-	-	-	-
Universidad de Navarra	A	-	-	-	*	-
	AT	-	-	-	-	-
Universidad Europea de Madrid	A	Taller De Proyectos De Tecnología	Ob	Varios	N	Diseño integrado en Arquitectura de Instalaciones, Construcción y Estructuras avanzadas, y gestión del proceso constructivo específico **
	AT	-	-	-	-	-
Universidad Europea Miguel de Cervantes	AT	-	-	-	N	-
Universidad Francisco de Vitoria	A	-	-	-	-	-
Universidad Pontificia de Salamanca	A	-	-	-	*	-
	AT *	-	-	-	N	-
Universidad San Jorge	A	-	-	-	-	-
Universitat Internacional de Catalunya	A	-	-	-	-	-
Universitat Ramon Llull Fundació	A	-	-	-	N	-

*Al no haber tenido acceso completo a la guía docente no se puede asegurar la inexistencia de asignatura/s con contenidos BIM.

**El conocimiento de la experiencia es debido a la difusión que de ella han hecho sus promotores.

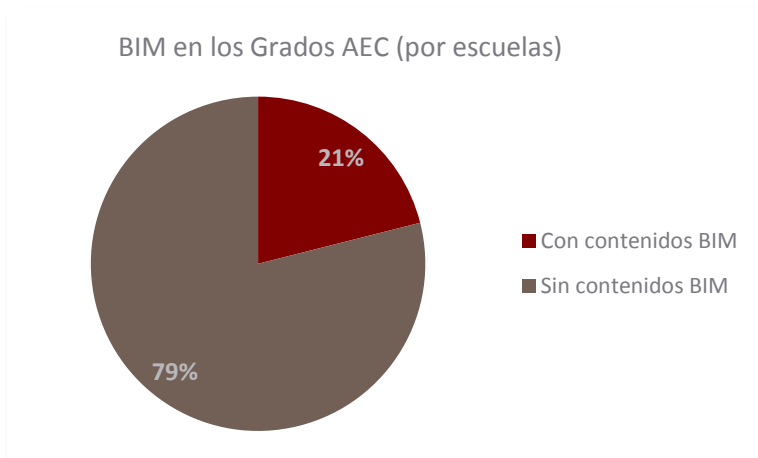
***El seguimiento de la actividad es voluntario aunque se encuentra en una asignatura de carácter obligatorio.

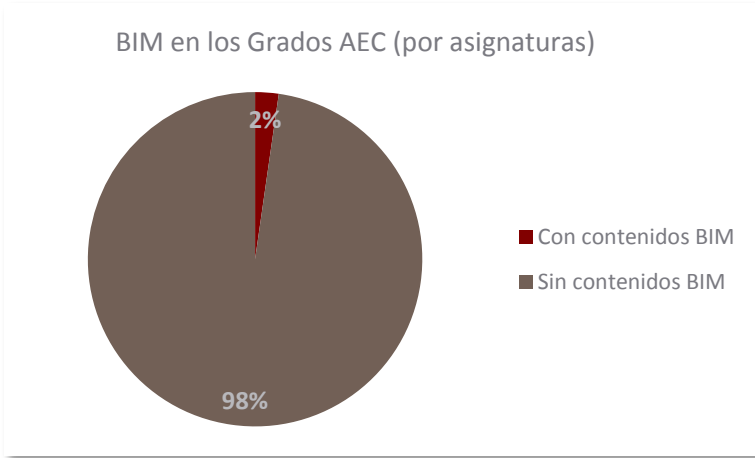
****Esta es una experiencia de integración BIM en una escuela que no pertenece a la rama AEC.

Tabla 14. Universidades que han iniciado experiencias de integración de BIM en los grados AEC en la universidad española. 2015. Elaboración propia

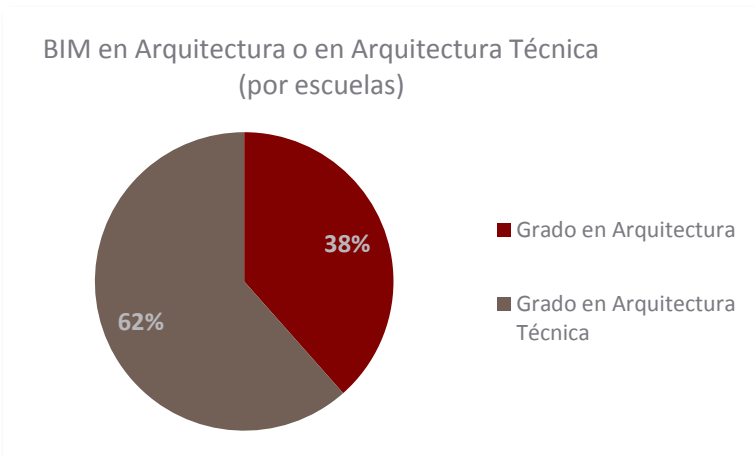
La primera evidencia que se puede extraer es bastante objetiva: de los 59 títulos de grado analizados, solo se han detectado 15 casos en sus respectivos currículos con contenidos BIM. Sin embargo, hay que tener en cuenta que dos de ellos se dan en el Grado de Ingeniería Industrial de la Universidad de Extremadura, es decir, en un grado que no pertenece a la rama AEC. Resulta así que solo el 21% de las titulaciones AEC han incluido BIM de alguna manera en sus contenidos.

Si hacemos el cálculo por número de asignaturas con contenidos BIM del total de las que componen los grados correspondientes, el resultado es demoledor ya que solo en el 2% de las asignaturas los hay.



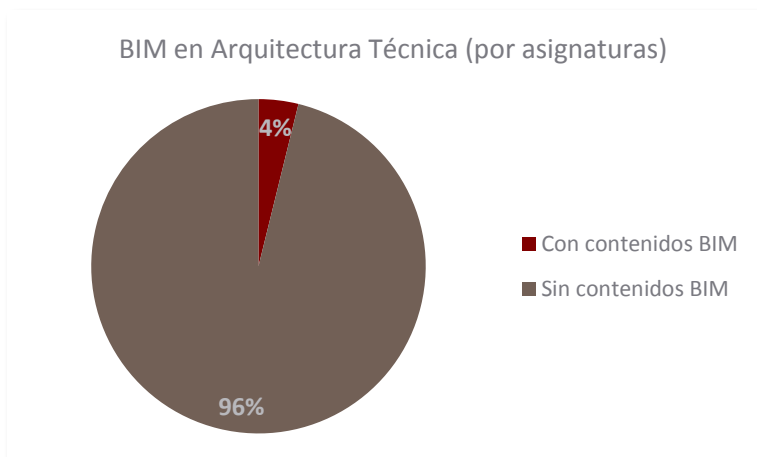
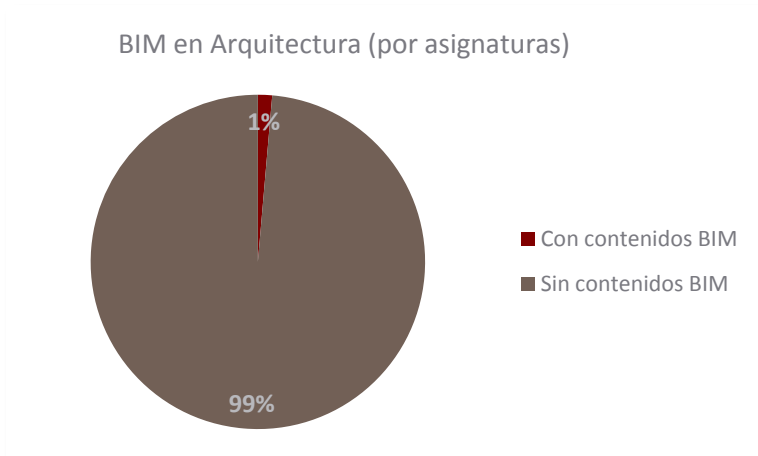


Si se compara la presencia de este contenido según la titulación, el resultado se decanta bastante hacia el grado en AT, de hecho hasta casi el doble que en el otro.

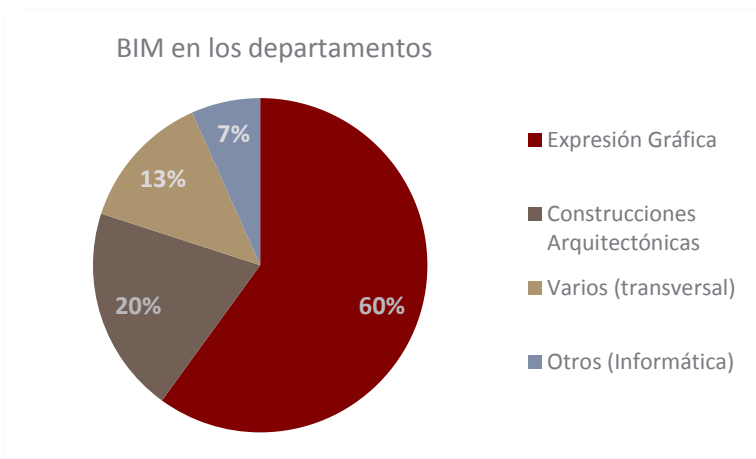


Esto parece contradecir lo que algún autor ha opinado al respecto de que en la universidad es mayor el interés por la metodología BIM en las disciplinas de diseño que en el resto de disciplinas. Lo asemeja a lo que ocurre en el ámbito profesional, en el que afirma que también los arquitectos han demostrado mayor implicación en la adopción de BIM que la que han demostrado los ingenieros. Eso, continua, provoca dentro y fuera de la universidad de manera mimética muy poca

colaboración y pocos proyectos BIM sobre todo en fase ejecución. (Liébana Carrasco, Agulló de Rueda 2013)



Pero no, y a pesar de los resultados numéricos reflejados en estos gráficos, Liébana está en lo cierto. Lo que ocurre es que la cuestión no radica en si ha habido más interés en un grado o en el otro, sino en el perfil o adscripción departamental del profesorado que ha impulsado desde el principio las iniciativas de integración. En eso efectivamente, han sido mucho más activos los profesores de los departamentos de expresión gráfica, más implicados con el diseño, que los de construcciones arquitectónicas, más afines a la construcción y a la fase de ejecución.



La mayor actividad de los profesores de diseño tiene una evidente y lógica razón, sobre todo en las experiencias más “antiguas”. En ellas los profesores innovadores respondían en su mayoría al perfil de profesores de los departamentos de expresión gráfica más que a los de construcción o tecnologías. La evidente y lógica razón era la apreciación generalizada que se tenía, y se sigue teniendo en muchos casos, de que BIM es tecnología, esto es, herramienta informática, y además que es tecnología para el diseño, reduciéndolo en muchos casos a un interesante (sic) software de modelado 3D, al que llegaron naturalmente a través de AutoCAD.

En esa línea, fueron profesores de expresión gráfica en arquitectura técnica los que tomaron la iniciativa en la Universidad de Sevilla¹⁴⁶ y en la Universitat Politècnica de València, seguidos de otros en las escuelas de arquitectura en la Universidad Europea de Madrid¹⁴⁷ y en la Politècnica de Catalunya¹⁴⁸. Evidentemente fueron ellos también los que mayoritariamente en los años posteriores dieron el salto lógico a considerar BIM en toda su extensión, tal y como se demuestra en la evolución que sus experiencias iniciales han tenido en tres de estas cuatro universidades. No así en la UPV.

Como no podía ser de otra manera, en las acciones más recientes, como las iniciadas en las universidades de Cartagena¹⁴⁹ y de Castellón¹⁵⁰ participan de manera importante profesores de edificación y construcción desde el inicio. Por

¹⁴⁶ Universidad de Sevilla, en adelante US.

¹⁴⁷ Universidad Europea de Madrid, en adelante UEM.

¹⁴⁸ Universitat Politècnica de Catalunya, en adelante UPC.

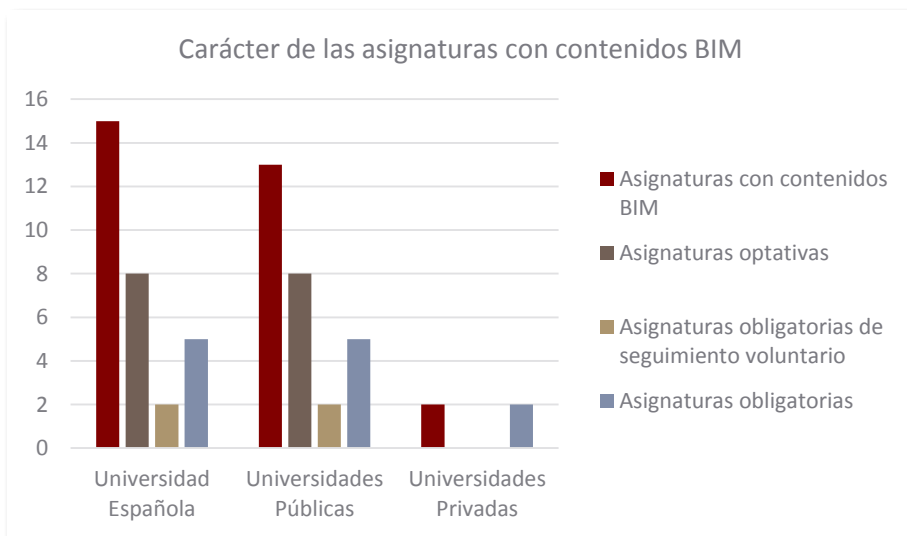
¹⁴⁹ Universidad Politécnica de Cartagena, en adelante UPCT.

¹⁵⁰ Universitat Jaume I, en adelante UJI

supuesto sigue habiendo casos, caso el de la Universidad de Alicante, promovida por docentes del Departamento de Edificación y Urbanismo exclusivamente.

En resumen, que por todo lo visto, los intentos aparecieron en un grado o en otro en función de dónde tuviese asignada la docencia el profesor que tuvo la motivación emprendedora y del perfil del profesor, y no tanto de la mayor o menor relación que pudiesen tener las competencias de la titulación para con la metodología. Y que ha sido el tiempo, y la apreciación de BIM en la dirección correcta lo que ha hecho y debe hacer que esto se unifique. Es por ello que se va a continuar con el análisis sin tener en cuenta titulaciones, e incluyendo las dos asignaturas del Grado en Ingeniería Industrial de las que se tienen datos.

El siguiente aspecto que se quiere destacar es el del formato inicial y el carácter de las asignaturas que acogieron contenidos BIM. Normalmente todas empezaron como una experiencia piloto esporádica. Fueron sido promovidas por profesores (en ocasiones un profesor en solitario) entusiastas de la metodología (o de la tecnología), pero siempre a título individual dentro de la escuela incluso dentro del equipo docente de una asignatura. En muchos casos al margen de su carga docente, esto es, además de su docencia asignada. Se plantearon, bien como asignaturas optativas, o bien como opción de trabajo voluntario del alumno dentro de una asignatura consolidada en el programa docente. Que las experiencias más “antiguas” en su momento fuesen optativas es entendible. Se ve obligada a serlo cualquier iniciativa innovadora que deba enfrentarse a los inmovilistas y



conservadores para empezar a hacerse un sitio en su ámbito. La universidad española no se caracteriza por impulsar la innovación y la rígida estructura de planes de estudio tampoco lo propicia.

Así ocurrió por ejemplo en las dos más antiguas. La inclusión de BIM en la asignatura optativa Arquitectura de Interiores (Plan 1999) de la entonces Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de València fue, como se verá en el siguiente apartado, una iniciativa totalmente personal y en solitario de un profesor. En el curso 2010-11 se convirtió en un Área de Intensificación denominada Taller de Proyecto de Interiores del Grado de Ingeniería de Edificación. Así sigue, y con el mismo profesor como responsable de su permanencia. La otra asignatura con una trayectoria paralela es la optativa Ampliación de CAD del Plan de 1999 de la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Sevilla. Esta, que sin embargo fue el proyecto conjunto de varios (pocos) profesores, derivó a su vez en Infografía y Maquetación para el Grado en el curso 2010-11, también optativa y, como la de la EUATV, aún continúa impartándose.

Estas dos experiencias, las pioneras en la universidad pública española, tienen entre ellas otros puntos en común a reseñar:

- Las dos experiencias pioneras se dieron en escuelas de arquitectura técnica pero, como se ha comentado antes, a esta circunstancia no se le quiere dar mayor relevancia.
- En ninguno de los dos casos se pudo traspasar de forma efectiva la barrera del diseño para entrar en el edificio virtual y en la gestión de la información. Se verá esta evolución más adelante.
- Desde la llegada de los títulos de grado, esto es, posibilitado por un cambio en los respectivos planes de estudios, las guías docentes de las dos asignaturas contemplan explícitamente los contenidos BIM.

Sin embargo, si se analiza el gráfico de barras sobre el carácter de las asignaturas en el próximo curso 2015-16, los datos demuestran que el carácter optativo, sumado al carácter obligatorio pero con un seguimiento voluntario por parte de los alumnos, sigue prevaleciendo sobre el obligatorio. Solo hay un detalle que se podría remarcar. Esto es así en la universidad pública pero no en la privada. En la universidad privada la integración se da en asignaturas troncales y por tanto obligatorias. Se podía pensar que se debe a dos razones:

- Que al tratarse de universidades privadas la iniciativa haya estado tomada desde instancias superiores a los equipos docentes, esto es, por los

responsables del título y no tanto por los profesores individualmente. Con el apoyo o motivación institucional la asignatura podría haber nacido ya como obligatoria. Puede que esto sea lo ocurrido para la asignatura obligatoria con contenidos BIM de la Universidad de Nebrija, de implantación bastante reciente. Sin embargo, no estamos en condiciones de afirmar ninguna de estas dos últimas cuestiones.

- Que la asignatura en cuestión tenga un cierto recorrido y haya migrado de un seguimiento voluntario por parte de los alumnos a hacerla obligatoria a todos los matriculados, lo cual parece bastante lógico. Esto puede ser lo ocurrido en la UEM. Hay que decir en el mismo sentido que esta circunstancia, desde luego, no se ha dado en las que hemos denominado pioneras, las cuales después de más de 10 años siguen dándose en asignaturas optativas.

Y, ¿cuál es la consecuencia directa de que la formación BIM existente se mantenga a lo largo de los años en asignaturas optativas? Inicialmente se pueden marcar tres:

- Que la asignatura presente dos docencias paralelas, esto es, con el formato habitual y con metodología BIM. El alumno se decide por una opción u otra y se compromete a mantener su decisión durante todo el curso, es decir, a hacer un seguimiento u otro. Pero el profesorado, por su parte, debe preparar parte de los contenidos, metodologías de aprendizaje, actividades, actos de evaluación y criterios de evaluación por duplicado, casi como si de dos asignaturas se tratase. Y todo ello dentro de su carga docente asignada en el POD¹⁵¹ para una sola asignatura. Darle a esta situación continuidad en el tiempo y en esas condiciones de trabajo, es una empresa loable.
- Que la asignatura en cuestión continúe, incluso con los mismos contenidos y el mismo carácter optativo, dependerá también en gran medida del número de alumnos que decidan elegirla. Esto no garantiza la publicidad y visibilidad que sería deseable para que aumente la apreciación por los contenidos y se traduzca en continuidad. La visibilidad depende de los esfuerzos que, por ejemplo, hace el propio profesor a la hora de difundir en el ámbito de la propia escuela los resultados docentes de sus alumnos; o de la publicidad que le dan unos alumnos satisfechos y concienciados por el trabajo realizado, sus resultados académicos y el nivel de convencimiento por la metodología que el profesor ha sido capaz de

¹⁵¹ Plan de Ordenación Docente.

transmitirles. Sin duda alguna, todo depende de un esfuerzo extra comparado con el que se realizaría en una asignatura troncal con matrícula y continuidad garantizada.

- Que esa falta de visibilidad haga que sean los propios compañeros docentes los que por desconocimiento y/o bajo nivel de apreciación no se involucren y no contribuyan a dar en la escuela el paso siguiente: más allá del diseño en 3D o la maquetación del edificio virtual, a la implantación transversal para varias disciplinas, a la gestión de la información, a otras fases del proyecto, del ciclo de vida del edificio, en definitiva a la metodología BIM.

A este respecto se puede concluir que el no traspaso de contenidos de una asignatura optativa, pero consolidada después de tantos años, a una obligatoria o troncal, no se puede deber más que a la falta de apreciación de la importancia de BIM por parte de las respectivas comisiones académicas responsables de los títulos. Sin su implicación y apoyo es complicada la evolución requerida que supone modificaciones, no en las guías docentes, que se actualizan cada curso y en las que se permite cierta permeabilidad a los cambios y novedades, sino en el plan de estudios como un conjunto. Son modificaciones multidepartamentales, en las que se requiere coordinación profesor-plan de estudios-universidad. Claramente en la línea de lo que se ha visto en el apartado en el que se ha hablado de la estrategia en EEUU. En un cambio de filosofía.

Sin embargo, podemos hablar de discretísimos “brotes verdes”. Aún sin tener datos sobre su posible continuidad se han dado dos ejemplos de avance en dos de las experiencias más recientes: la de la Politécnica de Cartagena y la de la Universitat Jaume I, exactamente puestas en marcha en el curso 2014-15. Antes de hablar de esa parte positiva, hay que decir que, lamentablemente coinciden en algunos puntos con otras de mayor trayectoria en el tiempo:

- A pesar de darse las dos en sendas asignaturas troncales, en ambos casos se ha ofrecido al alumno seguirlas de forma voluntaria con todo lo que hemos visto que eso supone.
- La iniciativa es individual y parte de un profesor (caso de la UPCT) o de un grupo pequeño (en la UJI), pero en cualquier caso a título individual.

Y lo que se ha llamado más arriba discretísimos brotes verdes se traduce en lo siguiente:

- Ambas se desarrollan como experiencias piloto pero dentro del programa de asignaturas troncales. Lo que es optativo es la decisión del alumno de

seguirlas en este formato. Que no sea simplemente optativa, sino que se lleve a cabo sobre los contenidos de una troncal hace que todos los alumnos del curso tienen conocimiento de la experiencia aun cuando no la pongan en práctica, pero al menos son espectadores de la misma.

- Sus objetivos van un poco más allá del diseño: en la escuela de Cartagena se promueve desde el Taller de Instalaciones e incluye cálculos de comportamiento energético, por ejemplo. En la UJI han sido mucho más ambiciosos ya que lo han implementado en su actividad transversal Proyectos Dirigidos con contenidos¹⁵² de las 10 asignaturas de 3^{er} curso. Eso significa que de una forma u otra la experiencia ya implica a más de una disciplina y no se ciñe al ámbito de la expresión gráfica.

Es pertinente ahora preguntarse qué ha pasado con las que iniciaron todo esto, con aquellas a las que se ha calificado en este trabajo de pioneras y las que las siguieron. Efectivamente se ha explicado que fueron profesores de expresión gráfica en arquitectura técnica los que tomaron la iniciativa en la US y en la UPV, seguidos de otros en las escuelas de arquitectura y/o edificación en la UEM y en la UPC.

Se puede afirmar ya que, en este sentido, cada una de las experiencias se ha comportado como era de esperar. Es decir, igual que surgieron: en función de la mayor o menor motivación e iniciativa de los profesores; cada una a su ritmo y de forma independiente; a pesar del apoyo de su entorno académico e institucional; y gracias al apoyo de los alumnos, ya que como se ha visto la mayoría siguen siendo de carácter optativo.

Pero, ¿a qué se está haciendo referencia cuando se habla de “evolución”? En este punto lo que nos interesa conocer de estas experiencias es si los contenidos de las asignaturas iniciales han migrado desde la representación gráfica y el diseño al trabajo con BIM integrado. Esto es, si se han adoptado en las disciplinas formas de trabajo BIM como trabajo colaborativo, parametrización, multidisciplinariedad, interoperatividad. Si se abordan en sus contenidos conceptos como ciclo de vida del edificio, tecnología BIM, metodología BIM, agentes, procesos, formatos de intercambio, estándares. Si todo esto se aplica al modelado de la información, al análisis del modelo, a la gestión de la información, a la simulación de procesos, a la

¹⁵² Esta experiencia fue presentada por las profesoras Gallego y Huedo en el congreso EUBIM 2015 en València. En la ponencia no se aclara si el hecho de que en el taller se manejen contenidos de las 10 asignaturas de 3^{er} curso supone la implicación y participación activa de profesores de todas y cada una de las disciplinas ni cuántos fueron.

cuantificación del edificio y del proceso constructivo, al cumplimiento de normativa, etc. Esta es la evolución que se desea conocer y constatar:

- En la Universitat Politècnica de València, el “Taller de Proyectos de Interior” es una de las opciones que tienen los alumnos para elegir dentro del Módulo obligatorio que es el Área de Intensificación en 4º curso. No se puede decir que la asignatura desde su inicio no haya evolucionado. En su antecesora “Arquitectura de Interiores”, a partir del curso 2007-08, ya se adoptaron herramientas BIM de diseño gráfico, ArchiCAD en este caso, como sustituto de otras herramientas 3D, pero usado casi exclusivamente para visualización en 3D de los trabajos que llevaban a cabo los alumnos en la asignatura. Se acompañaron de la utilización de programas de tratamiento infográfico en el mismo sentido. Cuando la asignatura, con el cambio de Plan de Estudios para el Grado se convirtió en Área de Intensificación, tanto la experiencia adquirida por el profesor en el manejo y uso didáctico de la herramienta, como el resultado académico de los alumnos, su comprensión y aceptación de la metodología de trabajo y el nivel de aprendizaje de los alumnos, permitió darle la forma de Taller de Proyectos. Los alumnos ahora, más allá de trabajar la arquitectura de interiores como disciplina, redactan dos proyectos de intervención en un edificio o local existente. Esa intervención conlleva un cambio de uso, y por tanto, lo intervienen constructivamente dentro de las posibilidades de programación de los 12 créditos y el contenido completo de la asignatura:
 - La asignatura se inicia con una parte teórica al margen de BIM sobre el diseño de interiores propiamente dicho, con conceptos y procedimientos.
 - La mayoría de los alumnos se inician en el manejo de la herramienta BIM dentro del propio taller.
 - Se aprovecha el modelo como edificio virtual para hablar de soleamiento, distribución de los espacios y las fases de la intervención o rehabilitación.
 - Se modelan las instalaciones de tal manera que también se toma conciencia del modelo como edificio virtual o prototipo donde poder realizar *clash detection*.
 - Los alumnos trabajan en dos intervenciones en interiores: una en vivienda y otra en un local comercial.

Los resultados académicos de los alumnos, y sobre todo la aceptación de la forma de trabajo del taller, contribuyen al convencimiento de los alumnos en esta tecnología. También de alguna manera al conocimiento, si no al convencimiento, en la metodología, en tanto en cuanto llegan a percibir la importancia de entender el proceso de diseño en su globalidad, integrado con otras disciplinas (construcción, instalaciones, estructuras), pero también en otras fases distintas al diseño (programación, construcción, costes). Son numerosos los casos en los que el paso de los alumnos por esta asignatura ha derivado en Proyectos Final de Grado de esta temática.

Sin embargo, la evolución desde el punto de vista de la integración de materias para convertirse o mutar a otra asignatura multidisciplinar, hay que decir que no se ha dado. Pero en honor a la verdad, y reconociendo el esfuerzo y tesón del profesor que ha sido responsable de esta asignatura durante todos estos años, también hay que especificar que la deseada evolución no es que no se ha producido en la Asignatura Taller de Proyectos de Interior. No se ha producido en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la UPV. Y no se ha producido a pesar de la gran aceptación que tiene esta asignatura año tras año y que se refleja en sus números de matrícula, y a pesar también de otras circunstancias que se han dado en la ETSIE durante estos años y que podían haber sido motivadoras¹⁵³.

- La experiencia de la Universidad de Sevilla, como se sabe, empezó también con anterioridad a la implantación de los estudios de Grado para la titulación de Arquitectura Técnica. En el curso 2000/2001 comenzaron a utilizar software específicos de modelado en 3D (Allplan y ArchiCAD 6.5) en la asignatura optativa Ampliación de CAD. Con la llegada del Grado la asignatura pasa a denominarse “Infografía y Maquetación Virtual” con contenidos similares y el mismo objetivo inicial:

“que los alumnos tomen contacto con los nuevos programas de CAD que incorporan el nuevo concepto de Edificio Virtual o BIM, abarcando no solamente el proceso de diseño sino la gestión de toda la información a lo largo del ciclo de vida del edificio” de tal manera que “el alumno genere además información adicional sobre los elementos del edificio analizado y después modelado: clasificación por categorías constructivas, gestión de cuantías y

¹⁵³ Se habla con mayor detalle de otras experiencias de implementación de BIM en la ETSIE de la UPV en el siguiente punto dedicado a la formación en BIM en la Universitat Politècnica de València.

filtrado de componentes antes de la exportación a aplicaciones para el cálculo estructural, el estudio energético y otras específicas para mediciones y presupuestos de obras” (Nieto Julián, Quiñones Rodríguez et al. 2014)

Así posteriormente, y en pro de la evolución que entendían que debía darse, se plantearon el reto de implantar una colaboración integrada entre diferentes asignaturas. Este reto obtuvo desigual respuesta y no permitió avanzar más en su integración en el Plan de Estudios.

Sin embargo su empeño dio lugar a dos proyectos de investigación docente dentro del Plan Propio de Docencia de la Universidad de Sevilla. Se titulan Integración de Materias de Ingeniería de Edificación pero utilizan BIM como herramienta y metodología de trabajo multidisciplinar. En ese sentido BIM fue una buena elección porque concluyen diciendo que:

“los resultados obtenidos en estos proyectos de investigación nos permiten afirmar que la creación de grupos multidisciplinares en el ámbito de la investigación y la docencia, en el área de la Arquitectura y la Ingeniería de Edificación, supone una decidida apuesta por la construcción del Espacio Europeo de Educación Superior en nuestra universidad. Enriquecen enormemente los procesos de enseñanza-aprendizaje, desde su planteamiento inicial marcado por un enfoque abierto y plural, pasando por un dinámico y eficaz desarrollo de los mismos en los que el debate y la reflexión colectiva son sus principales motores, hasta concluir con la obtención de resultados beneficiosos para todos, que favorecen su mejora continua.” (Nieto Julián, Quiñones Rodríguez et al. 2014)

- La experiencia de integración de BIM en la Universitat Politècnica de Catalunya se concentra en el Grado en Estudios de Arquitectura. La ETSAB¹⁵⁴ fue pionera en la adopción de la metodología BIM en sus programas docentes pero se declinó rápidamente a su implementación en la formación posgrado en la cual se ha visto que cuenta con una oferta importante y de larga trayectoria. En los estudios de grado hay que decir que solo se puede contar con la información que se encuentra en las guías docentes de los Grados en Estudios de Arquitectura y de Arquitectura Técnica y Edificación. Solo una de las asignaturas del Grado en Estudios de

¹⁵⁴ Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona.

Arquitectura hace referencia a BIM. Se trata de la denominada “Aplicación de Sistemas de Diseño Paramétrico”, optativa y de 5 créditos ECTS. Lamentablemente no se puede especificar la trayectoria de la misma porque no se ha publicado nada al respecto de esta experiencia en el grado. Pero si ha evolucionado respecto de lo que fueron sus inicios lo debe haber hecho en cuanto a los contenidos, porque su programa docente es bastante más completo que el que presentan otras asignaturas de contenidos básicos y teóricos de BIM:

- Introducción a la metodología BIM y su relación con la industrialización.
- El BIM dentro del contexto de los sistemas paramétricos.
- Nivel de Desarrollo vs Nivel de Detalle Geométrico.
- BIM empleando sistemas y componentes preconfigurados.
- Control y Visualización de modelos BIM.
- BIM de componentes personalizados para ser empleados de forma aislada o como parte de sistemas paramétricos.

El PE cuenta con una asignatura que podría considerarse previa, de carácter obligatorio en 4º curso, denominada “Representación Arquitectónica IV”, que se ocupa de la introducción a los sistemas paramétricos de formas de geometría libre en la aplicación de proyectos arquitectónicos, la aplicación de herramientas paramétricas para la resolución de formas arquitectónicas, la interacción de herramientas paramétricas, los conocimientos de las posibilidades de intercambio de información gráfica y alfanumérica para su aplicación a los procesos técnicos de cálculo y a la representación de las formas.

- Por último, es la Universidad Europea de Madrid, de titularidad privada la que objetivamente ha llevado más lejos la integración de la metodología BIM en el grado. Independientemente de la trayectoria que haya seguido la implantación de BIM en el grado, la propuesta que figura en su plan de estudios actual denota un grado de concienciación y madurez en BIM por parte de todos los agentes, esto es, la institución, el profesorado y los alumnos, que no se encuentra en otra universidad en este nivel de la educación superior. Como punto de partida, y como casi el resto de las escuelas que se han visto, la UEM fomenta y apoya por medio de cursos presenciales y semipresenciales la capacitación en software BIM específico, pero ellos entienden que *“esta formación es fácilmente asumible de*

manera autónoma por el estudiante fuera del aula y su currículo tipo previamente definido en la titulación” (Jurado Egea, Liébana Carrasco et al. 2015). Primera diferencia.

Se desconoce si en algún momento este tipo de cursos formaron parte del currículo del grado, pero es bastante evidente que en este momento no son una prioridad en la programación docente. En segundo lugar entienden que el formato taller multidisciplinar en el que intervienen distintas disciplinas *“denominados Talleres de Tecnología (en dos niveles, Sistemas Técnicos, de 4º curso, y Talleres de Proyectos de Tecnología, de 5º curso) ofrecen un marco óptimo para establecer un flujo de aprendizaje o learnflow”.* (Jurado Egea, Liébana Carrasco et al. 2015) (Figura 25)



Figura 25. Flujo de aprendizaje o learnflow. 2015. Jurado.

- Este formato taller integra conocimientos y habilidades al incluir docencia de las áreas de construcción, estructuras e instalaciones. Y lo hace mediante metodologías docentes basadas en el desarrollo de Project Based Learning o PBL, es decir, que los alumnos se enfrentan a dinámicas de trabajo cercanas al desarrollo de proyectos profesionales. Se simulan así procesos productivos y colaboraciones personales realistas que a su vez ayudan al alumno en la comprensión del marco de trabajo en BIM.
- Durante el curso 2014-15 han dado un paso más. Para fomentar este último aspecto colaborativo y realista, los talleres se han diseñado en formato vertical con docencia simultánea e integrada de ambos niveles (materias de 4º y 5º curso) (Figura 26). Esto les ha permitido además reproducir en el aula *“las dinámicas propias del ejercicio profesional (senior & junior architects, consulting, etc.) al disponer varios niveles de capacitación en el*

aula y ampliando las variantes de aprendizaje entre iguales o entre niveles (peer to peer, mentoring, etc.)”. (Jurado Egea, Liébana Carrasco et al. 2015). Sin duda toda una referencia.

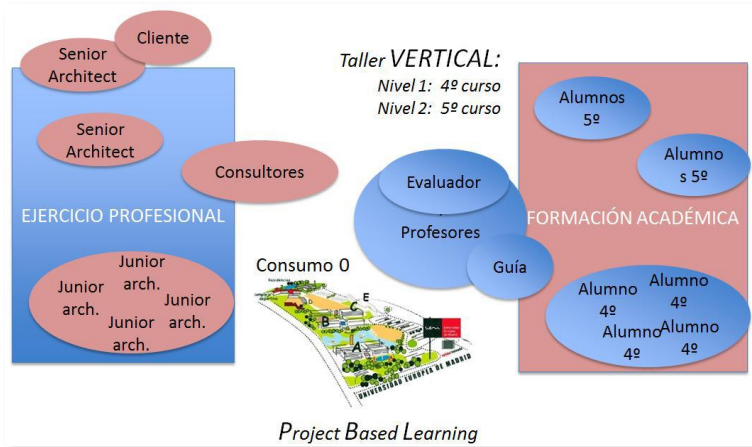


Figura 26. Taller de Tecnología en formato Vertical. 2015. Jurado.

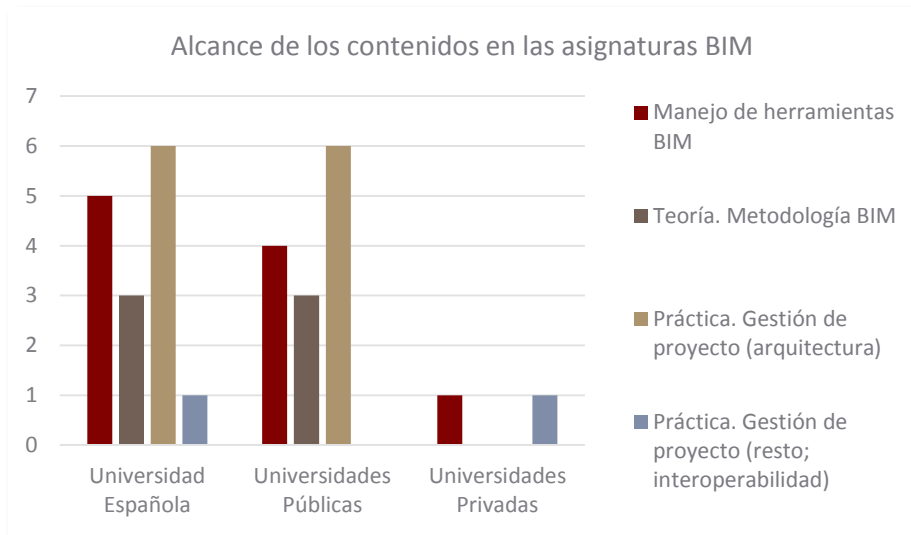
Vistas estas cuatro experiencias, y partiendo de la sensación positiva que deja la última, entramos en el aspecto y quizá el más importante en cuando a la calidad de los resultados. Es decir, es importante la cantidad de docencia en BIM que se imparta, el grado de apreciación e implicación de alumnos, docentes y responsables de las estructuras docentes, pero también es fundamental conocer de qué tipo de contenidos se está hablando.

En los inicios, la mayoría de las experiencias se diseñaron como cursos de formación en el manejo de una herramienta informática, como transición natural desde el uso del CAD. Aún hoy hay escuelas que limitan a ello la incorporación de BIM. Es el caso de la Universidad de Alicante, ya que su experiencia *“tiene como objetivo principal iniciar a cada usuario en el manejo del programa REVIT® Architecture 2015 suponiendo una oportunidad para implementar el estudio de nuevas tecnologías y conocer una interesante herramienta de trabajo implantada actualmente en muchas empresas de arquitectura.”* (Piedecausa-García, Mateo-Vicente et al. 2015)

Aunque es una cuestión a la que no se le está dando demasiada relevancia en esta tesis, se aprovecha la alusión al curso promovido por la UA para hacer una puntualización sobre las herramientas informáticas. La utilizada en los dos casos pioneros de los que hemos hablado fue y sigue siéndolo, ArchiCAD. En Sevilla además trabajaron también desde sus inicios con Allplan. Sin embargo parece que

en la actualidad tiene mayor aceptación Revit de Autodesk cuando se habla de arquitectura.

Las preguntas que surgen ahora con respecto a los contenidos son: ¿Se siguen configurando los contenidos como si se tratase de cursos de formación en el



manejo de herramientas de diseño? ¿Se habla de gestión de la información, de tratamiento de la información? ¿Se habla de metodología BIM pero aplicada solo a la fase de diseño? ¿Aplicada al resto de fases de proyecto? ¿Aplicada a la fase de ejecución, de construcción, de explotación?

- La respuesta a la primera pregunta es sí, la formación en herramientas BIM en el grado sigue siendo casi la opción más repetida.
- La respuesta a la segunda es que hay bastantes casos en que sí, y en la mayoría de ellos se reduce a una mera introducción teórica de la metodología con un objetivo que se va distanciando de la formación en herramientas. En algunas no hay posibilidades de infraestructura, tiempo o institucionales para ir más allá. Un ejemplo de ello es el tema dedicado Gestión de la información del proceso constructivo con BIM con 0,50 ECTS en la asignatura Gestión Integral del Proceso del Grado en Arquitectura Técnica de la UPV. En los casos de la Universidad de Extremadura y de la Universidad de Alcalá de Henares son asignaturas completas pero de contenidos exclusivamente teóricos. No se tiene información sobre el futuro de las mismas, ambas de reciente implantación. Un caso distinto es

el de la UPC en la ETSAB. Se trata de una asignatura con un cierto recorrido, con una programación clara y con contenidos bastante más avanzados que en el resto de casos de la misma índole. Sin embargo su objetivo es ese y no más. La UPC plantea la multidisciplinariedad en los cursos de posgrado.

- A la tercera pregunta se puede responder que hay bastantes casos que lo han intentado, pero se han de tomar con mucha cautela. Son muy variados y de niveles de madurez completamente dispares. Estaríamos hablando de la experiencia de la UIJ, de la UPCT, de las experiencias piloto en la US dentro de sus proyectos de investigación docente, etc.
- Para la cuarta solo un caso podría responder que sí. Se trata del Taller de Proyectos de Tecnología de la Universidad Europea de Madrid.
- Para responder a la quinta cuestión hay que recurrir a los estudios de posgrado, evidentemente.

No se quiere terminar este análisis del estado actual de la formación en metodología BIM en España sin hacer referencia a tres situaciones en particular.

La primera es la que se ha dado hasta ahora en la Universitat Politècnica de València. Como se ha podido ver, la UPV, considerada por muchos como el referente estatal en BIM, y que de hecho lo ha sido por el apoyo que siempre ha dado a la difusión de la metodología y a la tecnología BIM, no ha contado hasta el curso 2015-16 con un curso de posgrado que permita a los recién egresados y profesionales del sector formarse en una metodología y en unas herramientas que saben van a necesitar cada vez más para su desarrollo profesional y mejora de la empleabilidad.

Sin embargo, el éxito de las distintas ediciones de los cursos BIM ofertados desde el ATCC&C-AEC-UPV y la proliferación de cursos de formación continua en BIM en otras escuelas de la UPV, en distintos colegios profesionales y organismos (como la Fundación Laboral de la Construcción) y universidades privadas de nuestra Comunitat, dan muestra del interés que la formación en esta área suscita entre los profesionales y estudiantes de carreras técnicas relacionadas con la construcción. Se hacía pues imprescindible que la UPV ocupara el espacio que merece y ese será el “Máster en Gestión de Información de la Construcción BIM” con sede en la ETSIE.

La segunda es una experiencia docente en BIM en un nivel de la enseñanza reglada de la que no se ha hablado hasta ahora en este trabajo: se llevó a cabo en un ciclo formativo de grado superior¹⁵⁵, esto es, formación superior, pero previa en su caso

¹⁵⁵ Ciclo formativo de Grado Superior, en adelante CFGS.

a un grado universitario. La experiencia ha tenido lugar en el CFGS “Proyectos de edificación” en el Centro Público Integrado de Formación Profesional¹⁵⁶ Pirámide de Huesca. Los resultados fueron presentados como ponencia en el Congreso EUBIM 2013 que se publicó en sus actas. El autor de la ponencia, el profesor Augusto Mora, pretendía en el estudio verificar si los problemas con los que se encontraron en el CFGS y en el propio centro eran comunes a otros centros en los que se imparte este ciclo, ver el grado de implantación de la tecnología BIM en otros centros, y por último plantear posibles soluciones para facilitar la inclusión e BIM en el currículo del ciclo. Por supuesto, la intención primera al implantarlo era mejorar la empleabilidad y la integración laboral de los alumnos. Se trataba pues de una experiencia muy innovadora teniendo en cuenta el estado de BIM en los grados universitarios entonces y ahora, tal y como acabamos de ver, pero sobre todo valiente por acometerla en un nivel de la enseñanza reglada en el que tradicionalmente no se esperan innovaciones de este tipo.

Por el currículo de los CFGS, los docentes de estos centros están en contacto directo con la empresa y la industria, y en el CPIFP Pirámide detectaron que las empresas con las que colaboraban demandaban cada vez más profesionales cualificados en el manejo de programas de diseño 3D. Esto les llevó a intentar la inclusión de BIM como tecnología de diseño 3D. Los problemas con los que se encontraron, desde luego no fueron en absoluto distintos de los que se han encontrado los responsables de los casos de integración de BIM en los grados universitarios: escasez de profesorado formado en BIM o herramientas BIM y dificultades económicas y estructurales para formarlos; necesidad de conocimientos previos de construcción por parte de los alumnos para poder manejar esas herramientas; y falta de tiempo-espacio para introducir esos contenidos en programas docentes cuyos contenidos están consolidados y responden a enseñanzas reguladas normativamente. (Mora Pueyo 2013)

Concluye Mora que en España ningún centro de este tipo ha integrado BIM en sus currículos y que el interés por integrar BIM en los CFGS es prácticamente nulo (recibió 4 respuestas en una encuesta a 46 centros y de las 4, hubo una que manifestaba claramente su nulo interés); las tres restantes coincidían con él en cuanto al hándicap que supone la falta de profesorado formado, la dificultad económica y de tiempo que existe para formarlo, y la imposibilidad patente de

¹⁵⁶ Centro Público Integrado de Formación Profesional, en adelante CPIFP.



cuadrar tiempo-espacio para poder incluir los nuevos contenidos en las programaciones docentes vigentes.

Todas las soluciones que planteaba Mora pasaban por la concienciación de docentes y administración educativa de lo que BIM supone y va a suponer para el sector y consecuentemente para los alumnos futuros profesionales; y como no, por la puesta en marcha de acciones estructurales, coyunturales de infraestructura a mayor escala que lo que es un centro formativo. Estas acciones deberían pasar por planes de formación del profesorado y la reordenación y el rediseño de los currículos docentes, así como por hacer compatibles en el espacio, en el tiempo y en los contenidos, el conocimiento “tradicional” del sector con el entendimiento y la formación en las nuevas formas de trabajo. De hecho en su ponencia el autor hace una propuesta de ordenación docente. Con respecto a la herramienta informática a elegir, considera fundamental elegir una que responda a una curva de aprendizaje reducida o estrecha¹⁵⁷, cuyo manejo y dominio quepa en los recorridos curriculares de los ciclos formativos. Con estas ideas en el curso 2011-12 iniciaron la experiencia de formación de profesorado y en el curso 12-13 se empezaron ya a transmitir conocimientos sobre estrategias de trabajo basadas en BIM a los alumnos con resultados en general satisfactorios. La experiencia ha demostrado también que es necesaria una instrucción específica en el manejo del programa ya que ante el mínimo obstáculo los alumnos tienden a volver a CAD. (Mora Pueyo 2013)

No se han encontrado publicaciones del mismo autor con datos sobre la continuación de esta experiencia piloto en el CPIFP Pirámide de Huesca¹⁵⁸. Sin embargo al hacer una lectura de las guías docentes actuales de sus asignaturas se han encontrado objetivos como por ejemplo “*Manejo básico del programa REVIT®. Primeros pasos*” en una signatura del primer curso y “*Afrontar la definición arquitectónica y constructiva completa de un edificio bastante habitual como una vivienda unifamiliar a nivel LOD 300*” en otra transversal de segundo, lo cual es una buena noticia porque hace suponer la continuidad de la experiencia piloto en el centro.

La tercera situación que se desea destacar al hablar de la universidad española tiene que ver con el esfuerzo que una universidad en concreto está haciendo en el

¹⁵⁷ Una curva de aprendizaje es un diagrama que compara el tiempo transcurrido haciendo algo (en el eje horizontal) y el número de éxitos alcanzados en ese tiempo (en el eje vertical). Aplicado al aprendizaje cuanto más estrecha sea la curva, mayor es la eficiencia de dicho aprendizaje.

¹⁵⁸ <http://www.cpipiramide.com/>

intento de ir un poco más allá en la implantación de BIM no solo en la formación, sino en lo que ha de ser el futuro no inmediato, ni mucho menos, en España. Se trata de la Universidad Europea de Madrid y sus talleres universidad-empresa de cara no solo al cumplimiento del Nivel 2 de Madurez BIM sino con miras puestas a lo que será la utilización del formato abierto IFC y la interoperabilidad de software BIM entre las distintas disciplinas que requerirá el Nivel 3 de Madurez BIM. Así en la Escuela de Arquitectura de la UEM se realizan talleres periódicos de interoperabilidad de software de entorno BIM con profesionales, profesores y alumnos, proponiendo exportaciones e importaciones según el flujo de trabajo que se produce entre las disciplinas que trabajan en un proyecto de edificación. (Liébana Carrasco, Agulló de Rueda et al. 2015) En estos talleres experimentan funcionamiento real de lenguajes de formato abierto, de plug-in entre distintos software, su interoperatividad y la bidireccionalidad. El feedback obtenido es evidentemente muy útil para los todos los participantes. Se trata en definitiva de acciones muy novedosas y con una perspectiva de futuro clara y aplicada.

La Universitat Politècnica de València

Dentro de la red de universidades públicas ya se ha visto que se puede decir que la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València fue pionera a nivel nacional en lo que a promoción e impulso de la metodología BIM se refiere. También en cuanto a la integración de contenidos BIM en el currículo docente de la titulación. Por la relación personal y laboral de quien redacta esta tesis con la ETSIE de la UPV, se quiere hacer una mención especial a los intentos que dicha escuela ha hecho en los últimos años tanto de integración de la metodología BIM en el currículo docente como en otros aspectos de la vida académica y profesional de las personas que forman parte de la escuela.

Como se ha apuntado en un apartado anterior, en el curso 2007-08, todavía en la titulación correspondiente al Plan de 1999, por iniciativa personal y en solitario de un profesor del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, surgió la iniciativa de implementar la metodología BIM en una asignatura. Se trataba de la asignatura optativa Arquitectura de Interiores de 18 créditos. Se adoptó la utilización de herramientas BIM de diseño gráfico, ArchiCAD en este caso, como sustituto de otras herramientas 3D, pero usado casi exclusivamente para visualización en 3D de los trabajos que llevaban a cabo los alumnos en la asignatura. Se acompañó de la utilización de otros programas de tratamiento infográfico.

La experiencia adquirida por el profesor en el manejo y uso didáctico de la herramienta, así como el resultado académico de los alumnos, su comprensión y aceptación de la metodología de trabajo y el nivel de aprendizaje de los alumnos, permitió convertirla en el Taller de Proyectos a partir del curso 2010-11, ya en el Grado de Ingeniería de Edificación. Es así una asignatura optativa de 12 créditos ECTS dentro del Módulo Área de Intensificación de 4º curso del PE. Pertenece al Área de Expresión Gráfica Arquitectónica y depende del departamento con el mismo nombre. En su guía docente se explica que el Taller de Proyecto de Interiores trata de conocer y poner en práctica los conocimientos y criterios de intervención en los espacios físicos preexistentes en base a las competencias profesionales, combinando técnicas y procedimientos gráficos avanzados de modelización BIM para el estudio, análisis y propuesta de transformación, habilitación o cambio de uso. Los alumnos ahora, más allá de trabajar la arquitectura de interiores como disciplina, redactan dos proyectos de intervención en un edificio o local existente. Esa intervención conlleva un cambio de uso, y por tanto, lo intervienen constructivamente dentro de las posibilidades de programación de los 12 créditos y el resto de los contenidos de la asignatura:

- La asignatura se inicia con una parte teórica al margen de BIM sobre el diseño de interiores propiamente dicho, con conceptos y procedimientos. Su docencia se reparte en 10 horas de teoría de aula (de 40), 8 de práctica de aula (de 20) y 8 de práctica de informática (de 20).
- A los alumnos se les recomienda tener, entre otros propios de la titulación, conocimientos previos y destrezas de BIM, en concreto de ArchiCAD, sin embargo, la mayoría de los alumnos se inician en el manejo de la herramienta BIM dentro del propio taller. Se les recomienda igualmente conocimientos previos y destrezas en gestión gráfica del proyecto arquitectónico, en técnicas gráficas y comunicativas tanto tradicionales como informáticas, en ilustración vectorial y tratamiento de imágenes ráster y en renderizado mediante Artlantis Studio® o similar.
- Se aprovecha el modelo como edificio virtual para hablar de soleamiento, distribución de los espacios y las fases de la intervención o rehabilitación.
- Se modelan las instalaciones de tal manera que también se toma conciencia del modelo como edificio virtual o prototipo donde poder realizar *clash detection*.
- Los alumnos trabajan en dos intervenciones en interiores: una en vivienda y otra en un local comercial.

El sistema de evaluación se realiza de forma continua y se fundamenta en los aspectos prácticos de la asignatura. El mayor peso en la evaluación lo tienen los dos proyectos de interiores que realiza el alumno a lo largo del curso. Uno de ellos sobre un espacio doméstico se denomina “Práctica BIM Fases rehabilitación” con un 25 % del peso total de la nota del alumno. Los resultados académicos de los alumnos, y sobre todo la aceptación de la forma de trabajo del taller, contribuyen al convencimiento de los alumnos en esta tecnología, y a un cierto nivel de apreciación de la importancia que la metodología ha de tener en su futuro profesional, en tanto que llegan a percibir la importancia de entender el proceso de diseño en su globalidad, integrado con otras disciplinas (construcción, instalaciones, estructuras), pero también en otras fases distintas al diseño (programación, construcción, costes). La asignatura cuenta con gran aceptación año tras año lo que se refleja en sus números de matrícula, con una media de 35 alumnos por curso desde sus inicios. Además son numerosos los casos en los que el paso de los alumnos por esta asignatura ha derivado en Proyectos Final de Grado desarrollados en BIM.

En abril del año 2010 el equipo directivo de la ETSIE de la UPV, con su director Rafael Sánchez Grandía a la cabeza, es consciente de la importancia que la metodología BIM está ya tomando en otros países de nuestro entorno. Tiene intención de motivar a sus docentes a entrar en contacto con ella porque su objetivo a corto plazo es iniciar el proceso paulatino de integración de la metodología BIM en la programación docente de la titulación, pero también en las actividades de investigación del PDI de la escuela. Aunque se habían organizado unas jornadas similares para profesores y alumnos al principio de ese curso 2009-10, se organizaron ahora con un formato más concreto. Primero tuvo lugar una jornada informativa sobre BIM para investigadores seguida de un curso de 20 horas. El título de la jornada fue “Introducción al concepto de BIM ¿Qué es? ¿Para qué sirve? ¿Qué puedo investigar sobre BIM?”. La respuesta del profesorado a la convocatoria de la jornada fue bastante satisfactoria, pero si hay que hacer honor a la verdad, los resultados no lo fueron tanto. Al menos no al nivel que se esperaba que lo fuesen. A raíz de esas jornadas solo algunos de los profesores iniciaron su camino en el conocimiento de la metodología y/o la tecnología, y desde luego no se materializó en un interés general en formarse en BIM para perseguir la implementación de la metodología en las programaciones de sus asignaturas. Sin embargo ello no paró al equipo directivo en su intención inicial y continuaron promoviendo acciones.

En la Tabla 15 se hace un recorrido cronológico por todas esas acciones que dentro de la docencia reglada se han llevado a cabo en la ETSIE desde la integración de BIM en la asignatura Arquitectura de Interiores con la que se ha abierto este apartado hasta la oferta del próximo curso 2015-16.

Fecha	Curso / Duración	Asignatura/ Duración /Contenidos	Dirigido a
Curso 2007-2008	Arquitectura técnica Plan 1999	Arquitectura de interiores. 18 créditos*	Alumnos EUATV
Curso 2006-2007	Master in European Construction Engineering (0)		Alumnos posgrado
Septiembre 2009	Seminario-Taller Autodesk Revit® / 8h (1)	Soluciones de Autodesk para Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC); Introducción al BIM / Revit® Architecture; Generación de documentación de construcción	Profesores ETSIE
Octubre 2009	Jornada Autodesk / 2h (2)	Las herramientas del futuro ingeniero de edificación: AutoCAD, Revit, Navisworks, 3D Studio, Inventor...	Alumnos ETSIE
Curso 2009-2010	Curso de Adaptación al Grado en Ingeniería de Edificación (presencial) / 60 ECTS (3)	Gestión Integral del Proceso Edificatorio / 6 ECTS <u>Módulos Temáticos:</u> -Definición y características de BIM -Historia de BIM y de los métodos de producción documental -Beneficios del uso de BIM para cada agente -Implementación de BIM. El BIM manager -Fases adopción BIM. Estado de desarrollo -Organismos y entidades comerciales <u>Seminarios:</u> -Introducción al BIM -Asociatividad bidireccional, Parametrización y Coordinación multidisciplinar -Gestión documental y Uso del BIM en facilities management	Arquitectos técnicos

Fecha	Curso / Duración	Asignatura/ Duración /Contenidos	Dirigido a
	Grado en Ingeniería de Edificación / 240 ECTS (4)	Gestión Integral del Proceso Edificatorio / 6 ECTS <u>Unidad didáctica:</u> Introducción a BIM. Gestión de la información en el proceso constructivo /0,50 ECTS Taller Proyecto de Interiores / 12 ECTS	Alumnos ETSIE
Abril 2010	Jornada BIM / 2h	Introducción al concepto de BIM ¿Qué es? ¿Para qué sirve? ¿Qué puedo investigar sobre BIM?	Profesores ETSIE
	Curso para investigadores / 20h	Introducción al BIM y al uso de Revit® Architecture 2010	Profesores ETSIE
Curso 2010-2011	Curso de Adaptación al Grado en Ingeniería de Edificación (online) / 60 ECTS (5)	Gestión Integral del Proceso Edificatorio / 6 ECTS	Arquitectos técnicos
Curso 2013-2014	Grado en Arquitectura Técnica / 240 ECTS (6)	Gestión Integral del Proceso Edificatorio / 6 ECTS <u>Unidad didáctica:</u> Introducción a BIM. Gestión de la información en el proceso constructivo /0,50 ECTS	Alumnos ETSIE
		Taller de Trabajo Final de Grado "Café con BIM" / 12 ECTS	
Curso 2014-2015	Título Propio UDC Experto en BIM / 27 ECTS (7)		Alumnos posgrado
Curso 2015-2016	Máster en edificación. Especialidad Gestión / 72 ECTS (8)	Gestión de proyectos con BIM / 3 ECTS	Alumnos posgrado
Curso 2015-2016	Máster en Gestión de Información de la Construcción BIM / 70 ECTS (9)		Alumnos posgrado

Tabla 15. Acciones para la integración de BIM en la ETSIE de la UPV. 2015.
Elaboración propia.

El Máster Europeo de Ingeniería de la Construcción (0) es un Máster Oficial de la Universidad de Cantabria, en el que participan otras siete universidades de España (UPV y UJI), Dinamarca, Portugal, Italia, Alemania y Francia. Por su carácter *joint*

degree, es uno de los pocos programas de máster en construcción en el mundo que ofrece un título conjunto de todas las universidades participantes. Profesores de la ETSIE forman parte del cuadro docente desde su inicio hasta la actualidad. En realidad no se puede considerar un máster de formación en BIM, sino que es un máster de construcción que se desarrolla íntegramente en entorno BIM.

El Seminario-Taller Autodesk Revit (1) y la Jornada Autodesk (2) fueron actividades realizadas dentro del Convenio Marco de colaboración firmado el 30/10/2009 por la UPV y Autodesk en actividades de formación personal, de investigación científica y desarrollo tecnológico, de intercambio de expertos y en la utilización y comercialización a terceros de tecnología desarrollada conjuntamente por la UPV y por la empresa.

El Curso de Adaptación al Grado de Ingeniería de Edificación (3) se desarrolló en la UPV para dar respuesta ajustada a la demanda de reconocimiento del nuevo título de Grado en Ingeniería de Edificación para profesionales arquitectos técnicos. El curso se continúa impartiendo en la ETSIE en la actualidad. La demanda de un curso de reconocimiento del título de Ingeniería de Edificación para profesionales de la arquitectura técnica ha sido hasta ahora, y sobre todo en las primeras ediciones, muy alta. En la primera edición de este curso (curso 2009-10) desarrollada en la ETSIE, se formularon más de 1900 preinscripciones y el curso se impartió, bajo una modalidad presencial, a algo más de 200 profesionales.

De acuerdo con la normativa específica definida por la UPV está conformado por 6 asignaturas, con un valor docente de 30 créditos ECTS, por un Proyecto Final de Grado, de 12 créditos ECTS y por un área de prácticas profesionales, de 18 créditos ECTS. De esta forma, el curso consta de 60 créditos ECTS, equivalentes a un curso completo de una titulación de Grado. Todas estas asignaturas pertenecen necesariamente al Plan de Estudios de la titulación de Grado en Ingeniería de Edificación que se imparte en la ETSIE. Ahora bien, en la mayoría de ellas se hicieron algunos ajustes para que se adaptaran mejor al perfil de alumnos del curso, esto es, profesionales de la arquitectura técnica en ejercicio. En el caso de Gestión Integral del Proceso Edificatorio (GIP), la adaptación consistió en introducir con bastante profundidad contenidos teóricos y prácticos de la metodología BIM para gestión de proyectos. Se diseñó una asignatura de 6 ECTS dedicada casi en un 70% a BIM.

La imposibilidad de atender a la fuerte demanda registrada, que no disminuyó sustancialmente en la preinscripción para la segunda edición, determinó que la ETSIE asumiera el proyecto de configurar el Curso de Adaptación al Grado de

Ingeniería de Edificación para titulados (5) bajo una metodología docente que, soportada por las potencialidades didácticas de las tecnologías de información y de comunicación, no requiriese la presencia efectiva del alumno en las aulas, posibilitando de esta forma aumentar de forma significativa el número de matriculados en el curso. Bajo estos condicionantes se elaboró la segunda edición del curso, de naturaleza semipresencial y con capacidad para ser impartido a 720 profesionales a lo largo del curso 2010-11.

El contenido de la asignatura online es el mismo que para el curso 09-10, sin embargo, a partir del siguiente curso (2011-12), la nueva dirección de la ETSIE decide eliminar la mayor parte de los contenidos de BIM de la asignatura GIP en el Curso de Adaptación para dejarlos en una clase testimonial de introducción a la metodología BIM únicamente con contenido teórico (0,50 ECTS). El curso ha seguido impartándose así hasta ahora y se oferta para el curso 2015-2016.

Para la misma asignatura Gestión Integral del Proceso Edificatorio en el Grado (4) la implementación de BIM se redujo a una Unidad Temática de introducción a la metodología con muy poco peso (0,5 ECTS) en la asignatura. Y así se ha mantenido hasta el presente curso y el próximo ofertado.

Durante el curso 2013-14 (6) se produce el cambio de la denominación del Título pasando a denominarse Grado en Arquitectura Técnica. Los contenidos de GIP y su programación permanecen invariables. Así se mantiene hasta el curso presente.

Por su parte, la asignatura que había sido pionera en la integración de BIM en sus contenidos (Arquitectura de Interiores) se mantuvo en la programación docente del Grado. Únicamente cambió el nombre. Con docencia desde el curso 2010-11.

Durante el curso 2013-14 y el siguiente se ha impartido un taller de BIM en la asignatura de Trabajo Final de Grado, con 13 alumnos matriculados que desarrollaron su TFG enteramente con esta metodología. De los 10 alumnos que finalizaron ese mismo año, 3 ya están trabajando en Valencia, en empresas del sector que requerían técnicos conocedores de BIM como requisito de contratación.

El Título Propio de la Universidade da Coruña (7) cuenta con la participación docente de profesores de la ETSIE-UPV. No se oferta para el curso 2015-2016.

El Máster en Edificación (8), en sus dos especialidades Gestión y Tecnología, lleva impartándose en la ETSIE desde el curso 2008-2009, pero será el próximo curso 2015-16 la primera vez que se oferte una asignatura con contenidos BIM.

Resaltar que a pesar de ello en dicho Máster de edificación han sido ya varios los Trabajos Finales de Máster que se han desarrollado sobre BIM. Uno de ellos, “Impacto de BIM en el proceso constructivo español” de B. Fuentes, se ha convertido en el primer libro publicado sobre BIM en castellano en nuestro país, y forma ya parte de la bibliografía de varios cursos, títulos propios y másteres que se imparten en nuestro país.

Para finalizar nombrar el Máster en Gestión de Información de la Construcción BIM (9), Título Propio Interuniversitario de la Universitat Politècnica de València y la Universidade da Coruña. Su primera edición será la del curso 2015-16.

Paralela a las actividades docentes, hay que hacer referencia a la investigación en BIM dentro del seno de la ETSIE. Existe en la actualidad un grupo de investigación dirigido por M^a Concepción López González y Jorge L. García Valdecabres, ambos doctores arquitectos del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la UPV. Cuentan con dos líneas de investigación relacionadas con BIM, cuyo objetivo general es la incorporación de nuevas tecnologías al levantamiento de planos, al proyecto de intervención y a su gestión. Son las siguientes:

- Incorporación de nuevas tecnologías en el levantamiento de planos y proyecto de intervención.
 - Obtención de modelos paramétricos de alta precisión en el ámbito de la arqueología y la arquitectura patrimonial.
 - Diseño de una base de datos, modelo para la gestión de la información y del conocimiento del patrimonio arquitectónico.
 - Definición de una metodología para la gestión de los datos obtenidos por el escáner laser 3d en el proceso de modelado en BIM de la arquitectura patrimonial.
- Los nuevos usos de la arquitectura patrimonial y su gestión:
 - La gestión integral de la conservación y recuperación del patrimonio edilicio
 - La museografía del patrimonio arquitectónico.
 - La mejora de los procesos de recuperación, conservación y difusión de construcción patrimonial mediante el uso innovador de las tecnologías de la información y comunicación.

- Las nuevas TIC¹⁵⁹ aplicadas a los procesos de construcción, seguridad y prevención de los bienes de interés cultural.

El punto de partida esencial del conjunto de las investigaciones sobre arquitectura patrimonial es el levantamiento gráfico arquitectónico. Según las dimensiones y complejidad de la construcción, se utiliza el escáner 3D, la restitución fotogramétrica o la toma de datos tradicional. Posteriormente se llevan a cabo los análisis geométricos y metrológicos a través de tanteos. Todos los datos obtenidos desde los diferentes ámbitos disciplinares que componen la investigación son gestionados mediante la metodología BIM. El estudio de los datos obtenidos y su interpretación desencadena las conclusiones relativas a la evolución constructiva.

Actualmente, además de en la dirección de TFM y tesis doctorales dentro de sus líneas de investigación, trabajan en dos proyectos de investigación:

- Proyecto de recuperación del patio sur, antiguo cementerio medieval de la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia, como espacio museístico. Financiado por la Iglesia San Juan del Hospital. De 10/07/2013 hasta 10/07/2016.
- El diseño de una base de datos, modelo para la gestión de la información y del conocimiento del patrimonio arquitectónico (har2013-41614-r). Financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. De 01/01/2014 hasta 01/01/2017.

Sin embargo, la ETSIE ha sido muy activa en el apoyo y el impulso de la metodología BIM en otros ámbitos de la vida académica, más si cabe que en la enseñanza reglada. O al menos se puede decir que en otros ámbitos ha obtenido unos resultados más evidentes y con mayor repercusión hasta hacerla un referente en el ámbito BIM en España.

Por una parte, ya en 2010, con anterioridad a convertirse en ATC de Autodesk, en la ETSIE se estaban impartiendo cursos de Revit Architecture. Se trataba de una formación no reglada, en BIM y bajo el auspicio del Centro de Formación Permanente de la UPV. Como ya se ha comentado con anterioridad, desde su acreditación como ATC y hasta ahora, ninguna otra universidad pública española lo ha conseguido. Estos cursos, en sus primeras ediciones, estaban dirigidos a alumnos fundamentalmente profesionales de la arquitectura y de la arquitectura técnica, más que a alumnos universitarios. De hecho son muy pocos los alumnos de la UPV

¹⁵⁹ Tecnologías de la información y comunicación, en adelante TIC.

o recién titulados se interesaban por estos cursos por aquel entonces. Desde 2010 hasta este momento se llevan impartido 21 cursos de Revit Architecture, de distintos niveles, de 40 horas de formación presencial, a los que han asistido un total de 300 alumnos aproximadamente. En el ATC de la ETSIE se realizan también cursos de Revit® MEP. En las últimas ediciones de estos cursos BIM la mayoría del alumnado es todavía alumno de la UPV o es recién titulado.

Por otra parte ha habido otras actuaciones o implicaciones de la ETSIE al margen o paralelas a la docencia. Se han tratado con detalle en el Capítulo 6 de esta tesis, pero se quiere volver a hacer mención a ellas en este apartado porque la primera fue una apuesta personal del equipo directivo de la ETSIE en su momento y la segunda derivó de esta. Nos estamos refiriendo al acogimiento/patrocinio que se hizo del Grupo de Usuarios Revit de Valencia desde su fundación en abril de 2010. Desde aquel momento el GURV tiene su sede en la propia escuela.

Como se ha visto en el Capítulo 6, el principal objetivo de GURV (Figura 27) es compartir información sobre esta aplicación, sobre sus disciplinas, y crear mesas de trabajo para facilitar la colaboración entre los miembros interesados en desarrollar cualquier tema relacionado con esta tecnología. Se organizan reuniones temáticas con una primera parte consistente en una ponencia sobre un tema de interés,



Figura 27. Logotipo de GURV. 2015. www.gurv.es

normalmente consensuado o a demanda de los miembros, y en ocasiones impartida por un ponente invitado. Le sigue una segunda parte de tertulia y debate y puesta en común. El ámbito territorial es la Comunitat Valenciana por facilitar las reuniones presenciales, pero ante el interés de personas residentes fuera de este ámbito por participar en las reuniones, también se han podido seguir de forma virtual. Lo integran alrededor de 100 miembros y hasta la fecha se han celebrado 45 reuniones.

Desde el punto de vista formal y de estrategia, lo que comenzó siendo una serie de reuniones más o menos informales de aficionados, ha resultado responder a una estructura concreta de estrategia de promoción y difusión del conocimiento. GURV

es lo que se llama una estrategia *bottom-up*¹⁶⁰ en lo que al fomento de BIM se refiere. Estas organizaciones se caracterizan por su colaboración activa que tiene lugar cuando desarrollan mecanismos/estructuras, procesos y habilidades para alcanzar el nivel necesario de integración del conocimiento. (Fernández Álvarez, Ferreiro Pérez 2014)

Estas reuniones mensuales de un grupo de aficionados derivaron a su vez en 2012 en el Encuentro de Usuarios BIM-EUBIM. Nació así, como también se ha visto en el Capítulo 6, el primero que sobre BIM se celebraba en nuestro país. Un encuentro que en 2013 se convirtió en congreso sobre BIM y que este año 2015 ha celebrado su cuarta edición y la primera de carácter internacional (Figura 28).



Figura 28. Logotipos de los distintos congresos EUBIM. Varios. www.eubim.com

EUBIM, tras cuatro ediciones, pretende propiciar un mejor conocimiento del estado de implantación de la metodología BIM en nuestro país; divulgar las experiencias reales de aquellos profesionales y empresas que ya han iniciado su implementación como metodología de trabajo en la gestión de proyectos de construcción; servir para conectar las demandas y requerimientos de formación necesarios para iniciarse en BIM con la preparación que reciben los futuros profesionales del sector; permitir a los participantes conocer las últimas tendencias y novedades de los desarrolladores y fabricantes de software; y, por supuesto, crear conexiones y contactos entre todos los asistentes.

El congreso tiene una parte académica con presentación de ponencias con revisión ciega por pares y evaluadas por un comité científico. Dichas ponencias son el resultado tanto de la investigación académica como docente, pero también de

¹⁶⁰ Estrategias *bottom-up* o *de abajo a arriba*. En un apartado posterior en el que se habla de las recientes acciones de la Administración Pública para el fomento de BIM se verá que se proponen estrategias de este tipo y en qué consisten.

experiencias reales de implementación de BIM en los procesos de edificación y construcción. Las actas de las tres ediciones de congreso se han publicado por la Editorial UPV con su correspondiente ISBN (Figura 29).



Figura 29. Portadas de las actas de los distintos congresos EUBIM. Varios.
www.upv.es

Cuenta también con una parte divulgativa en la que los patrocinadores del congreso, empresas punteras de tecnología BIM, exponen sus productos y los ponen a disposición de los participantes. Desde la primera edición del congreso el número de ponencias presentadas a exposición, de asistentes y de patrocinadores no ha dejado de crecer¹⁶¹, aun habiendo surgido en estos años otras citas ineludibles y de mucho calado de las que ya se ha hablado anteriormente. El comité organizador de EUBIM lo formamos miembros de GURV y profesores de la ETSIE. Aunque el equipo directivo de la escuela ha cambiado desde entonces, tanto GURV como EUBIM siguen teniendo su sede en la ETSIE.

Y por último tiene una parte académica ya que en el marco de EUBIM se han venido celebrando dos actividades directamente relacionadas con la formación, abiertas al público en general y especialmente a los alumnos de la ETSIE. Se trata de los Talleres EUBIM, talleres prácticos sobre aplicaciones BIM impartidos por profesores universitarios o empresas patrocinadoras de EUBIM.

¹⁶¹ Ha habido una media de 20 ponencias presentadas, 200 congresistas acreditados y 15 patrocinadores.

La segunda actividad consiste en la posibilidad de realizar el examen de acreditación de conocimientos en Revit® 2015 de Autodesk a nivel profesional.¹⁶²

En este punto, se podría decir que EUBIM cierra el círculo en este apartado al enlazar nuevamente con la docencia reglada. Y es que en el seno de la celebración de EUBIM 2015, y dentro de la línea temática *“BIM en la universidad”*, profesores de varias universidades españolas, públicas y privadas, se reunieron, debatieron, redactaron, firmaron y se comprometieron a hacerlo extensivo a sus propias universidades y a las del resto del país, lo que dieron en llamar el *“Manifiesto BIM Académico”* y que se adjunta (Figura 30):

¹⁶² Se han realizado una media de 6 talleres con unos 15 asistentes por taller y una media de 25 personas han realizado el examen de acreditación en cada edición.



EUBIM 2015

Congreso Internacional BIM / Encuentro de Usuarios BIM

MANIFIESTO BIM ACADÉMICO

Siendo una realidad la necesaria mejora del proceso constructivo para conseguir su adaptación a los avances tecnológicos y demandas del mercado a nivel internacional, se plantea con urgencia la incorporación de nuevas técnicas y metodologías que consigan optimizar los recursos implicados.

La integración de BIM (Building Information Modeling) consigue a través de una gestión colaborativa y transparente la optimización de los proyectos, tan necesaria para obtener los objetivos de mejora, progreso y adaptación del sector de la construcción en España.

Hay que conseguir la penetración de BIM en todos los niveles del proceso constructivo, por ello se demanda con urgencia un Plan de Formación que garantice una correcta armonización entre todas las instituciones académicas a nivel nacional e internacional.

En este plan de formación BIM –integrado y colaborativo- las Instituciones Académicas han de ser las responsables de liderar su implantación mediante líneas de investigación que den respuesta a las necesidades de las empresas, y que formen a nuestros estudiantes y profesionales garantizándoles competencias, motivación y empleabilidad.

Para velar por todo ello se creará el **Campus Virtual BIM**, una comunidad educativa a nivel nacional, donde tendrán cabida la totalidad de las Instituciones Académicas españolas, que trabajarán colaborativamente en la consecución del siguiente

MANIFIESTO BIM ACADÉMICO



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



EUBIM 2015

Congreso Internacional BIM / Encuentro de Usuarios BIM

Estrategia de Formación BIM 2015-2020 “Formación y Calidad”

1.- OBJETIVO

- Mejora de las necesidades de capacitación de estudiantes, profesores y profesionales del ámbito de la construcción.

2.- AGENTES

- Instituciones Académicas
- Organismos de la Administración
- Grupo de Trabajo BIM “Estrategias”

3.- ACCIONES

- Comienzo inmediato: BIM en estudios de posgrado
- Campus Virtual BIM: Creación de una comunidad educativa nacional BIM
- BIM Academic Forum: Creación de una comunidad educativa europea BIM
- Desarrollo de un Plan de Formación BIM Integrado
- Desarrollo de Módulos Formativos BIM para el sector de la construcción
- Certificación de Instituciones
- Certificación de Profesionales
- BIM integrado en Grados Universitarios y de Formación Profesional

4. CONSECUENCIAS

- Programa de Formación BIM Integrado
- Sistemas de Certificación BIM en funcionamiento

EUBIM 2015 | Valencia (España) | 9 de mayo de 2015



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Figura 30. Manifiesto BIM Académico. 2015. www.eubim.com



8.4.3. La Administración Pública. Las acciones más recientes

Para ilustrar el que va a ser el previsible e inmediato futuro de la formación en BIM en España hay que referirse a los últimos acontecimientos de julio de 2015. Estos acontecimientos se refieren a la iniciativa del Ministerio de Fomento para la implantación de la metodología BIM en España y pasan por la constitución de una Comisión de trabajo con un decálogo de intenciones o acciones que incluye acciones específicas para la formación en BIM. Esto significa pues que existe intención institucional para la promoción e implantación de la metodología BIM en los planes de estudio de los grados y máster universitarios.

Para documentarlo se adjunta el texto íntegro de la Nota de Prensa del Ministerio de Fomento (Figura 31) emitida tras la constitución de dicha Comisión¹⁶³.

El objetivo de la iniciativa del Ministerio de Fomento al impulsar la implantación de BIM es aumentar la productividad del sector de la construcción y ahorrar de forma significativa el gasto en mantenimiento de activos por medio del uso de sistemas BIM.

¹⁶³ La autora considera pertinente la inclusión del texto íntegro de la Nota de Prensa por la innovación que supone, su actualidad y por la repercusión que se espera tenga su contenido.





MINISTERIO
DE FOMENTO

CENTRO DE INFORMACIÓN

Nota de prensa

El Ministerio de Fomento constituye la Comisión para la implantación de la metodología BIM

- Se trata de una herramienta tecnológica para la gestión de proyectos, a través de un modelo digital 3D, que reduce costes, acorta tiempos de diseño y producción y mejora la calidad de los proyectos de ingeniería, arquitectura y construcción

Madrid, 14 de julio de 2015 (Ministerio de Fomento).

La ministra de Fomento, Ana Pastor, ha presidido hoy el acto de constitución de la Comisión para la implantación de la metodología BIM (Building Information Modelling), una herramienta tecnológica para la gestión de proyectos, a través de un modelo digital 3D, que reduce costes, acorta tiempos de diseño y producción y mejora la calidad de los proyectos de ingeniería, arquitectura y construcción.

Esta metodología pone en común el trabajo de los arquitectos, constructores y fabricantes, ingenieros industriales, civiles y estructurales y clientes.

Durante la jornada de constitución de la Comisión BIM, la ministra de Fomento ha señalado que esta metodología se está implantando progresivamente y su demanda como herramienta de trabajo está creciendo día a día en todo el mundo.

En la Unión Europea, el Parlamento ya ha instado a los países miembros para que aborden la modernización de las normativas de contratación y licitaciones públicas. El pasado año, la UE pidió por primera vez que se considerara la conveniencia de incorporar la tecnología BIM para modernizar y mejorar los procesos de contratación pública.

CONTACTO
fomento@fomento.es
Página 1 de 2

Este informe puede consultarse en todo momento en su integridad en www.fomento.gob.es

www.fomento.gob.es

REGISTRO DE LA LEY 37/1978
11.000.0000
11.000.0000
11.000.0000





MINISTERIO
DE FOMENTO

CENTRO DE INFORMACIÓN

Nota de prensa

El Ministerio de Fomento ha decidido asumir el liderazgo del proceso de adopción de la metodología BIM, a través de la comisión hoy constituida.

Esta comisión nace para impulsar la implantación de **BIM** en el sector de la construcción española, fomentar su uso en todo el ciclo de vida de las infraestructuras, sensibilizar a las administraciones públicas en el establecimiento de requisitos BIM en las licitaciones de infraestructuras, establecer un calendario para adaptación de la normativa para su empleo generalizado, desarrollar los estándares nacionales que posibiliten su uso homogéneo y realizar el mapa académico de formación de esta metodología en España.

Todo ello servirá también para apoyar un mayor y mejor posicionamiento de la industria española en el mundo.

CONTROLESERVIDES
fomento@fomento.es

Página 2 de 2

Esta información puede ser usada en parte o en su totalidad sin necesidad de consentimiento.

www.fomento.gob.es

0000-0000-0000-0000-0000-0000
0000-0000-0000-0000-0000-0000
0000-0000-0000-0000-0000-0000
0000-0000-0000-0000-0000-0000

Figura 31. Nota de prensa del Ministerio de Fomento. 2015. Ministerio de Fomento



El **Plan Nacional BIM** propuesto cuenta con las siguientes líneas maestras:

- Formación del grupo de trabajo es.BIM.
- Establecimiento de un plan estratégico.
- Promoción de la estandarización y el uso de BIM.
- Estudio del alcance de BIM mediante la realización de proyectos piloto.
- Establecimiento de requerimientos BIM en las licitaciones públicas.

Ese grupo de trabajo es.BIM o Comisión, tal y como se la denomina en la Nota de prensa del Ministerio, se propone que sea un grupo multidisciplinar, abierto a todos los agentes implicados administraciones, ingenierías, constructoras, universidades, profesionales, etc. (Figura 32)



Figura 32. Instituciones convocadas para formar parte de la Comisión e.BIM del Ministerio de Fomento. 2015. INECO

Sus objetivos son:

- Impulsar un mandato que acelere los objetivos de implantación.
- Definir la estrategia de implantación: plan de acción y hoja de ruta.
- Fortalecer la capacidad del sector público en la aplicación BIM.
- Fomentar la interoperabilidad entre herramientas como garante del libre acceso a la tecnología. <http://www.ineco.com/webineco/>

El plan estratégico que la Administración plantea tiene una doble direccionalidad y en él propone paralelamente las dos modalidades o líneas estratégicas.

En algunos aspectos o temas será la Administración la que definirá las líneas de actuación y el sector privado se encargará, si es el caso, de desarrollarlas hasta definir las con el nivel de detalle necesario en cada caso.

Dentro de estas iniciativas que la Administración pretende impulsar por ella misma están:

- Exigir el aumento de la calidad y la reducción de costes en los procesos productivos del sector de la construcción.
- Desarrollar bibliotecas genéricas de productos.
- Establecer criterios que permitan la homologación/habilitación de empresas/profesionales según su nivel de madurez BIM.
- Desarrollar normativa.

Se lee entre líneas un cambio drástico en el sector, una reforma profesional. El cambio de paradigma en el sector AEC pasa por un rediseño de las profesiones que deben atender a nuevas competencias demandas, un cambio normativo, etc. Y como se ha visto en el capítulo sobre legislación este es un punto crítico en la legislación profesional y laboral española. Es de esperar que sea el Gobierno el que tome en esto la iniciativa.

Sin embargo en otras cuestiones, el Gobierno espera que sea el sector privado, ya sea la industria, los colectivos profesionales, las instituciones de enseñanza, en su caso, los que propongan y desarrollen las iniciativas. En algunos casos es posible que sea la administración la que solicite, recomiende o incluso fuerce al sector privado a dar el paso. En cualquier caso, la Administración tiene el propósito de ser ella la que coordine y legisle esta segunda línea.

Las iniciativas que el Gobierno espera que sean lideradas por el sector privado son las que tienen que ver con:

- Desarrollar herramientas y estándares
- **Formación.**
- Redacción de guías.

Y para ello se ha diseñado la comisión con una organización por temáticas atendiendo a la estructura de la Figura 33.

Si se observa el esquema organizativo, la formación en BIM no aparece como un objetivo en sí misma ni se pretende crear un grupo de trabajo específico.

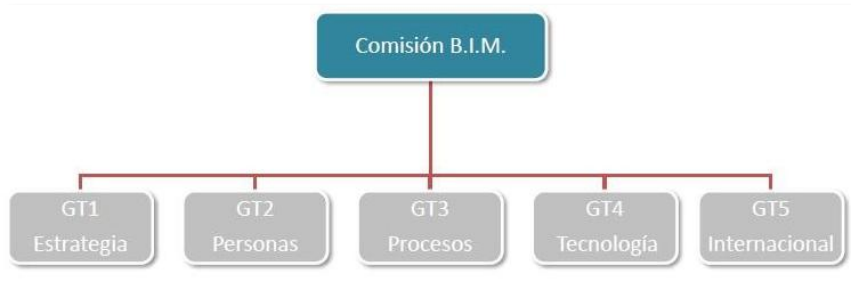


Figura 33. Estructura organizativa de la Comisión e.BIM del Ministerio de Fomento. 2015. INECO

Pero en realidad, la formación en BIM sí que forma parte del plan de acción, de la estrategia y de los objetivos de la comisión, como no podía ser de otra manera. Y más si cabe cuando, como se ha visto en el Capítulo 6, las iniciativas que se han llevado a cabo durante los últimos 12 meses en Valladolid, Barcelona y Valencia de alguna manera han supuesto el revulsivo para que el Ministerio se posicionara. Nos referimos al *I Congreso Internacional BIM. Del BIM al Big Data*, al *European BIM Summit 2015*, y al *Congreso Internacional BIM. EUBIM-2015*, respectivamente. En todos ellos se apostó claramente por el papel de la formación y el liderazgo que deben asumir las universidades en este sentido. Y se dejó constancia de ello en los respectivos manifiestos y en la formación de grupos de trabajo liderados por las universidades, de los que se ha hablado anteriormente.

Así es. La formación en BIM es una de las acciones que se espera sea liderada por desde más abajo: las instituciones de enseñanza en este caso. Y presumiblemente esperará que lo haga en colaboración con el resto de actores.

Esto es, la industria, a demanda de las IES, debería establecer las capacidades que necesita que tengan sus futuros empleados; consecuentemente las competencias en las que se debe formar a los futuros técnicos en la universidad.

La universidad desarrollaría la iniciativa en forma de definición de competencias, contenidos, metodologías de aprendizaje y procedimientos de evaluación y medida de resultados. Todo ello para poder diseñar sus planes de estudio con contenidos BIM integrados. Pero también para establecer las necesidades de infraestructura, personal, presupuestos, etc., que el cambio va a requerir. Y todo ello hasta el nivel de detalle requerido.

Y por su parte, la Administración, durante todo ese proceso, debería ser quien coordinase esos cambios curriculares, modificar o establecer los mecanismos necesarios para hacerlos posible, facilitarlos y regularlos. Hacerlos posibles y facilitarlos dotando a las instituciones de enseñanza de recursos suficientes para poder afrontar la adaptación y/o el cambio que ellas hubiesen propuesto. Porque es evidente que la universidad necesita realizar cambios de infraestructura, equipamiento y, por supuesto, capacitar a sus propios docentes. Y para ello necesita recursos económicos.

Pero por otra parte, se necesita de un sistema de adaptación de los currículos docentes de las titulaciones que ofrece la universidad lo más ágil posible para responder a las demandas de la industria al ritmo que esta le va marcando. Esto es una reforma legal que también debe garantizar la Administración.

¿Dónde se ubican estas acciones dirigidas a la promoción de la formación en BIM dentro de la estructura de la Comisión? Pues exactamente en el segundo grupo de trabajo, en el denominado “Personas”. Este grupo abordará todo lo relativo al cambio de cultura y capacitación del personal público y privado. Deberá tenerse en cuenta la formación, los nuevos roles y responsabilidades, la necesidad de mayor comunicación y transparencia y la resistencia al cambio. Sus objetivos serán:

- **Mejora de la capacitación de estudiantes y profesionales: formación y certificación.**
- **Fomento de la investigación alrededor de BIM.**
- Promoción y difusión de BIM. Mejora de la visibilidad.

Y sus funciones

- **Impulsar la incorporación de BIM a los estudios universitarios tanto a nivel de grado universitario como en máster u otros estudios postgrado.**
- Establecimiento de los requisitos mínimos para la certificación de profesionales y organizaciones.
- Participación en el Campus Virtual BIM¹⁶⁴ y en el BIM Academic Forum.
- Promover y difundir el uso de BIM mediante la realización de jornadas, seminarios, etc. (INECO)

¹⁶⁴ Precisamente el Campus Virtual BIM es el grupo de trabajo que surge del Manifiesto EUBIM.

Como conclusión a la constitución de la Comisión se redactó el llamado Decálogo, Plan de Acción en el que la formación en BIM sí que cuenta con una posición específica, y que reza:

- Impulsar la implantación de BIM en la industria de la construcción española a partir de la creación de un Grupo de Trabajo con una participación abierta a todo el sector, tanto público como privado.
- Fomentar el uso de BIM en todo el ciclo de vida de las Infraestructuras.
- Sensibilizar a las Administraciones Públicas en el establecimiento de requisitos BIM en las licitaciones de infraestructuras con el objetivo de reducir sus costes.
- Establecer un calendario para la adaptación de normativa para el empleo generalizado de BIM.
- Desarrollar los estándares nacionales que posibiliten el uso homogéneo de BIM.
- **Realizar el mapa académico de la formación BIM en España y promover su inclusión en planes de estudio.**
- Promover la digitalización de los trabajos derivados del desarrollo de las infraestructuras, desterrando el formato físico, con el consiguiente ahorro económico y medioambiental.
- Fomentar la aplicación de “Open BIM”, es decir que todas las operaciones relacionadas con BIM se basen en estándares abiertos y universales, interoperables entre sí.
- Apoyar un mayor y mejor posicionamiento de la industria española en el mundo a través del empleo de la metodología BIM.
- Afianzar la participación de España en los foros de decisión internacionales.

Por último se ha fijado un calendario inicial de trabajo. Así la Comisión tiene previstos una serie de hitos para los próximos meses/años y que se considera interesante reflejar en la Figura 34.



Figura 34. Calendario de la Comisión e.BIM del Ministerio de Fomento. 2015. Elaboración propia

Como se puede apreciar no hay ningún hito programado en el calendario de la Comisión en cuanto a lo que implantación de la metodología BIM en los planes de estudio de los grados, máster y posgrado de la universidad española se refiere. Se espera que el Grupo de Trabajo 2 marque su propio calendario a partir de septiembre de 2015 cuando comiencen a reunirse.

Se espera que el grupo de trabajo que se ocupe concretamente de la inclusión de BIM en los PE esté liderado por la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas¹⁶⁵. La CRUE, constituida en el año 1994, es una asociación sin ánimo de lucro formada por un total de 76 universidades españolas (50 públicas y 26 privadas). Es el principal interlocutor de las universidades con el gobierno central y desempeña un papel clave en todos los desarrollos normativos que afectan a la educación superior de nuestro país. Asimismo, promueve iniciativas de distinta índole con el fin de fomentar las relaciones con el tejido productivo y social, las relaciones institucionales, tanto nacionales como internacionales, y trabaja para poner en valor a la Universidad española. <http://www.crue.org/>

¹⁶⁵ La Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas en adelante CRUE



Conclusiones Parte III

Capítulo 5

- La metodología BIM recoge la gestión integral de la información de un proyecto edificatorio desde el momento en el que el promotor toma la iniciativa hasta que, finalizada la explotación del edificio, este se demuele o rehabilita. Con las herramientas adecuadas permite simular el proceso constructivo y testear el resultado final. Estas simulaciones y pruebas se pueden reproducir igualmente en las aulas.
- Se ha evidenciado que el manejo de la tecnología BIM, la gestión de la información, el desempeño de los distintos roles, la coordinación de los mismos, de sus responsabilidades, de los flujos de trabajo dentro de las organizaciones y a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio, requiere necesariamente de técnicos AEC con formación en BIM. Formación de distinto nivel en función del rol que desempeñe, la herramienta BIM que use, la disciplina en la que trabaje y la fase de proyecto.
- Los LOD de proyecto en el uso de las herramientas, esto es, la definición de los objetos constructivos; las dimensiones BIM, es decir, la evolución de los procesos que se van sucediendo a lo largo del ciclo de vida de un edificio; y los roles y flujos de trabajo que aparecen en la realización de un proyecto, o sea, las personas, reproducen exactamente la secuencia temporal de las disciplinas que integran un plan de estudios genérico del Grado en Arquitectura Técnica. Se concluye por ello que la metodología BIM integrada en el PE se convierte no solo en contenidos que aprender por el alumno sino en el medio de enseñanza-aprendizaje de las disciplinas de edificación en los grados AEC. Que puede ser, y es necesario que sea, integrada en aquellos.

Capítulo 6

- BIM como metodología de trabajo para la gestión de datos, información y procesos de los proyectos de construcción, reúne todas las características necesarias para considerarlo en sí mismo una **disciplina académica integrable** en los planes de estudio de los grados AEC, esto es, conocimiento propio cuyo aprendizaje requiere la misma secuencia que cualquier otra materia, tecnología que hará posible tanto el aprendizaje como los procesos, y método, todo ello estructurado para definir los objetivos a alcanzar, afinar en la consecución de los mismos, evaluar los resultados en base a esa estructura y repetir o corregir el proceso de la misma manera cuantas veces se desee.
- Si el marco conceptual de BIM incluye la tecnología que lo hace posible, los procesos que tratan la información y la metodología que establece los protocolos de relación entre aquellos que comparten la información, el aprendizaje de BIM debe incluir los mismos tres aspectos.
- El marco conceptual del aprendizaje en BIM debe estar perfectamente estructurado. Las investigaciones en los países que están en la vanguardia en ello así lo promulgan. Una de las bases es crear un marco académico de categoría nacional, que sirva de impulso y guía a las instituciones académicas de educación superior que han de responder a la demanda de técnicos formados en BIM.
- Dentro del marco institucional que promueva el cambio en la academia, el siguiente nivel de estructuración del aprendizaje ha de tomar forma de guías, protocolos y mandatos que, por una parte articulen el diseño de los planes de estudio y por otra, tengan en ellos mismos función formativa y minimicen el efecto de algo que va a resultar el mayor hándicap al que se enfrentarán esas instituciones en nuestro país: la falta de motivación y de formación BIM de sus propios integrantes, los docentes.
- La formulación de las competencias en BIM que todo estudiante de Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación ha de adquirir deberán contemplar la triple vertiente de esta disciplina (metodología, procesos y tecnología), pero además deberá ser posible medir su grado de integración y conexión con las disciplinas del arte de construir y con las habilidades individuales para el trabajo desarrollado en equipo, con corresponsabilidad, de forma colaborativa y multidisciplinar.

Capítulo 7

- El sector de la construcción a nivel internacional es consciente del potencial de la metodología BIM como economizadora de tiempo, recursos materiales y económicos, de riesgos en la gestión del proyecto de la construcción y de la explotación del edificio.
- La implantación de la metodología BIM es muy irregular a nivel internacional. En general ha surgido por iniciativas individuales de empresas, colectivos e incluso de personas, a pequeña escala. Su implantación a nivel nacional ha sido consecuencia de recomendaciones, imposiciones o planes promovidos desde los gobiernos de cada país.
- El Parlamento Europeo se ha fijado como uno de sus objetivos a raíz de la directiva EUPPD dar ejemplo en lo que a la gestión de sus proyectos se refiere. Pretende aumentar la eficiencia de sus gastos y garantizar la accesibilidad, igualdad y no discriminación en la gestión de los mismos desde la propia licitación. Se ha propuesto pues como objetivo, a través de su directiva EUPPD, que BIM sea la metodología recomendada-exigida a las empresas que pretendan optar a participar en ese tipo de proyectos a partir de abril de 2016.

Capítulo 8

- El sector europeo y español va a necesitar técnicos formados en BIM para atender a la demanda de las empresas. Esos técnicos en España no existen todavía ni en el número necesario ni con el nivel de formación integral requerida. Esto va a hacer complicado cumplir con las exigencias/recomendaciones de la directiva europea.
- Todos los componentes del sector de la construcción español, empresas, colegios profesionales, instituciones de enseñanza, etc., han puesto en marcha planes de formación a distintos niveles para intentar dar respuesta a esa demanda.
- Por una parte han introducido contenidos básicos y no relacionados con el resto de disciplinas en los grados. Y han dejado el grueso de la formación a la etapa de posgrado.
- Han optado por una forma de formación sumativa, por adición de conocimientos a lo largo de las distintas etapas de la formación universitaria (grado+posgrado). Etapas (posgrado) que no todos los estudiantes acometen. Consecuentemente no garantiza la formación

básica y uniforme para todos los titulados que el futuro va a requerir de ellos.

- Todas las partes a su vez, coinciden en que la formación requerida ha de ser transversal, integrada. Por tanto empresas, colectivos profesionales, los propios profesionales e incluso la universidad y la administración, apuestan por la formación universitaria de BIM integrado ya en los grados AEC.
- La universidad ha asumido de forma irregular esa responsabilidad. No cuenta a día de hoy con una estrategia de implantación. Esta es una brecha que la universidad no ha sabido cerrar y que también se da a nivel internacional.
- Los problemas con los que la universidad se ha encontrado, tanto a nivel nacional como internacional, a la hora de integrar BIM en los currículos de los grados son:
 - el desconocimiento generalizado de la metodología,
 - la asimilación de la misma como una continuación de CAD,
 - la confusión extendida entre tecnología y metodología BIM,
 - la escasa formación en BIM de los docentes,
 - la poca implicación de estos y de los equipos que dirigen las IES lo cual ha convertido las iniciativas en apuestas personales de los que han tenido la motivación de iniciarlas,
 - la dificultad de integración de contenidos en planes de estudios rígidos cuya modificación supone protocolos complicados de poner en marcha.
- Las experiencias de adopción de BIM en los grados de forma multidisciplinar con carácter transversal e integrador de conocimientos, han demostrado que BIM es en sí mismo un eficaz medio didáctico que da muy buenos resultados en el aprendizaje de las materias propias y tradicionales de construcción, de la ejecución de la construcción y de la gestión de un proyecto edificatorio.
- Las mismas experiencias han demostrado que además BIM integrado en los estudios de grado de forma transversal permite reproducir con el trabajo en grupo de los alumnos, las situaciones de trabajo colaborativo, en grupos multidisciplinarios que BIM exige en las situaciones reales de la vida profesional, así como reproducir los flujos de trabajo que deberán afrontar.



- El gobierno español ha tomado partido en el impulso a dar a la integración de BIM en el proceso edificatorio en general y en la formación universitaria en particular.
- Se ha formado una Comisión de Trabajo que se espera esté liderada por la CRUE a la que se le ha encargado que diseñe esa estrategia de implantación de BIM en la formación superior.



PARTE IV. BIM EN EL GRADO DE ARQUITECTURA TÉCNICA



Capítulo 9. Cambios para la integración de la metodología BIM en el currículo del Grado en Arquitectura Técnica

“Las universidades simplemente deberían dejar de retrasar lo inevitable y comenzar a preparar a todos sus estudiantes de arquitectura, construcción e ingeniería en trabajo colaborativo basado en modelos y en flujos de trabajo integrados”. (Deutsch 2012)

9.1. La gestión del cambio en la educación superior española

“Después de treinta años de desarrollo de esta tecnología, se comprueban las dificultades para articular una propuesta estratégica de arriba hacia abajo (top-down), bien sea desde el gobierno y el sector de la edificación, con el objetivo de una mayor sostenibilidad y calidad, bien sea desde las propias universidades, incapaces de dar respuesta en su seno a la cuestión, quizá por la transversalidad de la propuesta frente a la rigidez de la estructura académica, quizá por el reto que suponen las tecnologías digitales y el cambio de cultura que provocan, y a las que no se ha podido dar una respuesta adecuada. En este contexto, se demuestra la incapacidad del sistema para desarrollar estrategias nacionales globales, provocando el surgimiento de iniciativas de abajo hacia arriba (bottom-up)...” (Fernández Álvarez, Ferreiro Pérez 2014)

Tras el análisis de la situación actual realizado en los capítulos anteriores podría pensarse que lo que ha ocurrido difiere bastante de lo que plantea Fernández Álvarez:

- Iniciativas bottom-up, promovidas desde abajo por docentes y/o asignaturas aisladas, las ha habido en los últimos 15 años. Y se han quedado ahí por su incapacidad de implicar a ningún estamento más arriba, es decir, escuela, universidad, y mucho menos gobierno.
- Iniciativas top-down, promovidas desde arriba, desde el gobierno o las universidades, en realidad no las ha habido como tal, de manera que no es exactamente cierto que no se hayan podido articular por las dificultades encontradas.

Es por ello que podría pensarse que lo que se debería plantear es, precisamente, un plan estratégico a nivel nacional que promoviese la incorporación de BIM en los currículos docentes de los grados AEC en la universidad española, que facilitase dicha incorporación y que la garantizase.

Y ese planteamiento estaría totalmente justificado porque sin ese plan global en la universidad española podría seguir ocurriendo lo mismo que hasta ahora, es decir, lo que se ha visto en el apartado 8.4 del capítulo anterior.

9.1.1. Estrategias de organización: top-down y bottom-up

Se han estado utilizando dos conceptos al referirse a las estrategias de incorporación como dos modalidades diferentes de acometer dichas acciones. Creemos que es necesario, en este punto hacer un inciso en el discurso para aclarar el significado de estos dos conceptos que se han utilizado al referirse a las estrategias. Se trata de las dos modalidades de estrategia: *top-down*¹⁶⁶ y *bottom-up*¹⁶⁷.

Son dos modelos distintos e independientes, no necesariamente alternativos pero en ocasiones complementarios. Se refieren concretamente a estrategias de actuación, planteamiento de iniciativas, puesta en marcha de acciones, innovaciones, etc., en una organización. También contemplan cómo es la trayectoria de la acción hasta su implantación o desestimación definitiva.

¹⁶⁶ Top-down, en adelante t/d.

¹⁶⁷ Bottom-up en adelante b/u.

La diferencia fundamental entre ambos modelos de estrategia radica, como se evidencia en sus denominaciones en inglés, en qué nivel se origina la acción dentro de la organización, y consecuentemente, en qué nivel dicha acción acaba siendo validada o desestimada. Es decir, en qué nivel finaliza.

Pero sus diferencias no residen únicamente en su denominación y el sentido que toman a partir de uno u otro origen. Las diferencias fundamentales entre ambas estrategias residen en el porqué de su origen en uno u otro nivel (bottom o top), pero, sobre todo, en las motivaciones e implicaciones de los miembros de la organización, que son los causantes de que eso ocurra en un nivel concreto.

En base a ello cada una de estas estrategias se considera más o menos apropiada, o da mejores o peores resultados dependiendo del tipo de organización, de su estructura, forma de trabajo y objetivos.

Así, los enfoques top-down se ajustan a organizaciones verticales, jerárquicas. Son estrategias más tradicionales que en un momento dado empezaron a resultar ineficaces. Se inician en la parte superior de la organización y sus planteamientos tienen una trayectoria vertical y en sentido descendente.

Es como si, por gravedad, un líquido vertido sobre un terreno fuese inexorablemente atravesando cada uno de sus sucesivos estratos, es decir, el resto de los niveles de la organización. En el momento en que en ese recorrido vertical, la estrategia encuentra un estrato impermeable a sus intenciones, su recorrido se estanca y la iniciativa se frena. En el peor de los casos, el reinicio de ese avance pasaría por la eliminación del estrato impermeable que le había puesto freno. Sin ese estrato el avance por gravedad sigue siendo posible y la iniciativa podría llegar a su objetivo.

Esa impermeabilidad puede en ocasiones ser consciente, es decir, fruto de la oposición de los miembros de un determinado nivel a la implantación de la iniciativa. Y atender a razones diversas, desde políticas, sociales, laborales, de capacitación, económicas, etc. En otras ocasiones las razones pueden ser coyunturales sin que haya una intencionalidad en impedir el avance. Pero el frenazo se produce. En otras, son los estratos superiores, los promotores, los que no tienen intención o capacidad de eliminar al estrato impermeable.

Se trata pues de estrategias planteadas y planeadas por los niveles altos de la organización y cuyo avance podría no depender de manera directa de las

intenciones, la disponibilidad o ni siquiera de la capacitación de los miembros de los niveles inferiores.

Por su parte, las estrategias bottom-up se caracterizan por la horizontalidad y la oportunidad. La dirección de la estrategia también es vertical pero con dos diferencias respecto de la anterior.

La primera es que su dirección es vertical pero el sentido, evidentemente, es de abajo (bottom) a arriba (up).

Para explicar la siguiente diferencia tomemos el mismo ejemplo de los estratos y el líquido que los atraviesa. En este caso la iniciativa se gesta en los niveles más bajos, el líquido entra por los estratos inferiores, como si de agua freática se tratara. Solo llegará al nivel superior si logra, horizontalmente, por capilaridad, empapar al conjunto de los miembros de cada nivel. A priori se adivina un proceso más lento y necesitado de mayor esfuerzo. Ha de vencer a la gravedad. Ante un nivel impermeable en su trayectoria de ascenso no vale la destrucción de dicho estrato para asegurar el avance. Es necesario que colabore su materialidad, su masa crítica, en el proceso de capilaridad. Hay pues que convencerla y hacerla colaborar. Esta sería la diferencia fundamental entre ambas estrategias.

Las estrategias b/u, más allá de surgir de niveles inferiores, necesitan desarrollarse en entornos colaborativos de trabajo, de recursos y de personas. Necesitan del convencimiento de cada nivel para pasar al siguiente.

Toda estrategia b/u empleada en una organización se basa en la construcción de un equipo colaborativo que responde al nombre de “enjambre”. Es fundamental para su éxito que los miembros de cada nivel de la organización y de cada equipo sean componentes y proactivos. Es decir, todo se basa en las aptitudes y actitudes de los participantes para con la acción. (Fernández Álvarez, Ferreiro Pérez 2014)

A la masa crítica hay que formarla, motivarla, darle conocimientos para que actúe proactivamente. Estas acciones de formación, motivación, etc., también forman parte de la propia estrategia para generar el efecto multiplicador que involucre a las personas y garantice la continuidad.

Para terminar con esta aclaración sobre las dos modalidades de estrategias organizativas, añadir que Fernández Álvarez pone a Building Smart Spanish

Chapter¹⁶⁸, GURV, EUBIM¹⁶⁹ y BIM Meeting¹⁷⁰ entre otros, como estrategias españolas de enfoque b/u en el fomento de BIM.

Además dentro de las estrategias b/u, el mismo autor distingue varias modalidades que se esquematizan en la Figura 35.

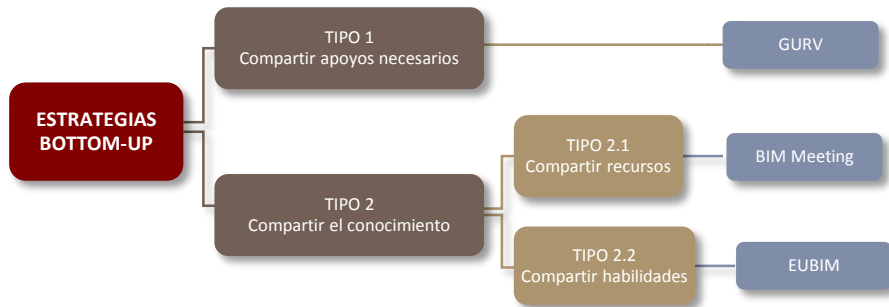


Figura 35. Modalidades de estrategias bottom-up. 2015. Elaboración propia a partir de Fernández Álvarez, 2014.

9.1.2. Las estrategias del cambio en España

Volviendo a la discusión inicial del capítulo, decíamos que visto el nuestro análisis de la situación en la universidad española y el resultado negativo de las experiencias surgidas en la universidad española, quizás era el momento de que la iniciativa surgiera desde arriba con un enfoque t/d y en forma de plan estratégico nacional.

En realidad esa era la idea preconcebida que la autora tenía al iniciar esta tesis porque, aún sin haber analizado con detalle todas esas experiencias, sus inicios, razones, objetivos, promotores, contenidos, alcances, resultados, etc., en términos generales sí que tenía conocimiento de ellas y de su “fracaso”, entendido este como la no implantación generalizada de la experiencia.

Sin embargo, durante este periodo de elaboración de la tesis, se han dado dos circunstancias que han motivado que ese punto de vista preconcebido cambie:

¹⁶⁸ <http://www.buildingsmart.es/>

¹⁶⁹ <http://www.eubim.com/>

¹⁷⁰ <http://bimmeeting.es/>

1. La primera es que, en la necesidad de estudiar los conceptos de estrategias t/d y b/u para poder entenderlos con claridad y aplicarlos correctamente, se nos han hecho evidentes tres cuestiones:
 - a. que las experiencias aisladas en las universidades españolas en ellas mismas no han tenido el efecto deseado en su ámbito más inmediato;
 - b. pero que todas juntas, y de una manera inconsciente por parte de sus promotores, se han configurado en el “enjambre”, y aunque no ha habido en ningún caso colaboración voluntaria entre ellas, sí que se han hecho visibles más arriba;
 - c. que esas experiencias en el seno de la universidad no han estado solas en el “enjambre”; al mismo nivel han surgido otras experiencias en forma de congresos, encuentros, jornadas, etc., en los que han confluído el sector profesional y la academia.

2. La segunda circunstancia es que se ha constatado el efecto de estas acciones iniciadas por los docentes y los profesionales. Aunque es cierto que no han logrado empapar a todos los estratos inmediatamente superiores (escuelas, universidades, colegios profesionales, etc.) como hubiera sido deseable, de una forma u otra han llegado a la cúspide de la pirámide (gobierno) como una falsa b/u.

Efectivamente en la situación actual la piedra ha llegado al tejado del gobierno y el Ministerio de Fomento va a liderar la o las estrategias. Ha planteado una estrategia global t/d liderada por él con funciones de coordinación, regulación y legislación si llegase el caso. Y en esa coordinación ha delegado su posición superior en el grupo de trabajo que se encargará de la formación, para que inicie por sí mismo el proceso de promoción de la inclusión de BIM en los PE. Es el grupo del que se ha dicho aquí que se espera sea liderado por la CRUE.

En este punto la conclusión es la siguiente: la estrategia que realmente se está poniendo en marcha ha surgido desde arriba pero como resultado de muchas experiencias pequeñas abajo. Sirva esto para reconciliar nuestro discurso con el de Fernández Álvarez porque ha ocurrido lo que él proponía.

La inclusión de BIM en los currículos universitarios de los grados, aunque “impuesta” desde instancias gubernamentales, coordinada, regulada y legislada desde allí, no podrá prosperar con éxito sin la colaboración de universidades-

escuelas-docentes-alumnos. Se está pues ante un híbrido o una situación de convivencia de las dos modalidades.

En este sentido, y hablando de organizaciones empresariales Moss Kanter (1994) dice que *“las colaboraciones más fuertes y más cercanas se producen en las alianzas donde el interés común que promueve la colaboración es alcanzar el mayor valor para el cliente”*. Es decir, los miembros han de conocer perfectamente el fin perseguido. Este ha de ser común a todos. La propia organización ha de conseguir que ese fin sea motivador y acabará provocando la colaboración necesaria.

Este es el trabajo de la Comisión, explicar correctamente cuáles son los beneficios de la implantación de BIM en los currículos universitarios a quienes los tienen que diseñar, contando con que el mayor valor del cliente-egresado en este caso es su empleabilidad. Para ello la Comisión cuenta con la ayuda que supone el hecho de que por encima del Gobierno Español alguien dio un primer paso: la Directiva EUPPD.

9.1.3. El entorno del cambio: el EEES y sus implicaciones

El entorno profesional y empresarial del sector de la construcción español ven en la adopción de la metodología BIM en sus procesos productivos y en sus estructuras empresariales, el futuro. La apreciación no es tan patente como lo es en otros países. La razón está en la profunda crisis que arrastra el sector desde hace ya casi 10 años.

Por su parte la Administración Europea, y siguiendo la estela de países con un nivel mayor de concienciación BIM, como Reino Unido, se une a esa creencia y promulga la directiva EUPPD¹⁷¹. Con ella va a exigir/recomendar el uso de BIM en la licitación de los proyectos financiados con fondos públicos a partir de 2016. Los estados miembros, entre ellos el nuestro, han de transponer esa directiva a su derecho nacional y promover lo que ella exige.

Veamos cómo para la formación universitaria española, el hecho de encontrarnos en el seno del Espacio Europeo de Educación Superior con la consiguiente normativa vigente; las características más básicas de la metodología BIM¹⁷²; y lo

¹⁷¹ La Directiva EUPPD cuyos objetivos y contenidos se analizaron en el Capítulo 7 de este documento de tesis.

¹⁷² Resultado de la exposición de la metodología que se hizo en los Capítulos 5 y 6.

enunciado en el primer párrafo de este punto, hacen que la integración de BIM en los currículos formativos de dichos estudios universitarios se haga inevitable.

El 18 de junio de 1988, los rectores de varias universidades europeas, reunidos en Bolonia con ocasión del IX Centenario de la más antigua de las universidades europeas, habían promulgado la Carta Magna de las Universidades Europeas. En ella los rectores establecieron los principios fundamentales que debían orientar la universidad europea.

El 25 de mayo de 1998, los Ministros de Educación de Francia, Alemania, Italia y Reino Unido firmaron en la Sorbona una Declaración, instando al desarrollo del EEES.

El 19 de junio de 1999, 29 estados suscribieron la Declaración de Bolonia, que se convirtió en el pilar que habría de sustentar el proceso de convergencia y en el manual de referencia para que las universidades llevaran a cabo este proceso. La Declaración de Bolonia sentó las bases para la construcción de un EEES, organizado, conforme a los principios de calidad, movilidad, diversidad y competitividad, y orientado hacia la consecución, entre otros, de dos objetivos estratégicos: el incremento del empleo en la Unión Europea y la conversión del Sistema Europeo de Formación Superior en un polo de atracción para estudiantes y profesores de otras partes del mundo. <http://www.magna-charta.org/>

Los 6 objetivos recogidos en la Declaración son:

- La adopción de un sistema fácilmente legible y comparable de titulaciones.
- La adopción de un sistema basado en dos ciclos principales (grado y posgrado).
- El establecimiento de un sistema de créditos (ECTS).
- La promoción de la cooperación europea para asegurar un nivel de calidad para el desarrollo de criterios y metodologías comparables.
- La promoción de una necesaria dimensión europea en la educación superior con particular énfasis en el desarrollo curricular.
- La promoción de la movilidad (Rodríguez Uría, Pérez Gladish et al. 2007)

La Conferencia de Praga, en mayo de 2001, fue la primera conferencia de seguimiento del proceso de Bolonia. En ella, los ministros redactaron un comunicado que respaldaba las actuaciones realizadas hasta la fecha y señalaba los pasos a seguir en el futuro. Nos referimos al Comunicado de Praga que añade a la declaración de Bolonia tres líneas estratégicas para la consolidación del EEES:

- El aprendizaje ha de ser continuado durante toda la vida.
- Las instituciones y estudiantes de educación superior habrán de ser sujetos activos del mismo.
- Es necesario hacer atractivo el Espacio Europeo de Educación Superior para estudiantes de Europa y de otras partes del mundo.

Así el modelo de universidad europea se había de dirigir hacia el paradigma educativo que se asienta en el aprendizaje más que en la docencia, por tanto en el estudiante más que en el profesor, y también en consecuencia en un aprendizaje a lo largo de toda la vida. (Rodríguez Uría, Pérez Gladish et al. 2007)

Independientemente de que se hayan producido desde entonces y hasta la fecha otras Convenciones y Conferencias de Ministros de seguimiento del proceso europeo para la creación del EEES, a las que no es necesario referirse ahora, todo ello ha derivado en el marco normativo español en el que nos encontramos:

- La LOMLOU 4/2007, que pretende una profunda modernización de la Universidad Española basada en una nueva estructuración de las enseñanzas y títulos universitarios oficiales, y orientada a la convergencia de nuestras enseñanzas universitarias con los principios que tenían su origen en la construcción del EEES.

Considera como pilar fundamental la implicación de las universidades en la respuesta a las demandas de la sociedad y el sistema productivo: las universidades, además de un motor para el avance del conocimiento, debían ser un motor para el desarrollo social y económico del país. Para ello es decisivo el impulso de la vinculación entre la investigación universitaria y el entorno productivo del sistema de ciencia y tecnología.

Por último, realiza los retoques necesarios para adecuar el sistema universitario español a la nueva situación del EEES, para potenciar su proyección internacional y la movilidad interuniversitaria. Y acaba manifestando que la acción de la universidad no debe limitarse a la transmisión del saber, sino que debe generar opinión, demostrar su compromiso con el progreso social y ser un ejemplo para su entorno.

- Real Decreto 1393/2007 que se asienta en la concepción y expresión de la autonomía universitaria, de modo que en a partir de su aprobación serán las propias universidades las que crearán y propondrán las enseñanzas y títulos que hayan de impartir y expedir.

Asimismo adopta una serie de medidas para la flexibilización de la organización de las enseñanzas universitarias, promoviendo la

diversificación curricular, y permitiendo que las universidades aprovechen su capacidad de innovación, sus fortalezas y oportunidades. Todo ello como mecanismo de respuesta a las demandas de la sociedad en un contexto abierto y en constante transformación.

Esta nueva organización de las enseñanzas universitarias deberá impulsar un cambio en las metodologías docentes, cuyo objetivo es el proceso de aprendizaje del estudiante a lo largo de la vida.

Por tanto, el diseño de un título no debe ser la mera descripción de los contenidos formativos, sino que deberá aportar nuevos elementos como justificación, objetivos, admisión de estudiantes, contenidos, planificación, recursos, resultados previstos y sistema de garantía de calidad.

Se definirán los métodos de aprendizaje y los procedimientos para evaluar su adquisición. Se medirán esos resultados en créditos europeos, ECTS, los cuales reflejan los resultados del aprendizaje y volumen de trabajo realizado por el estudiante para alcanzar los objetivos establecidos en el plan de estudios, poniendo en valor la motivación y el esfuerzo del estudiante para aprender.

En resumen, estamos en un escenario para la educación superior en el que la convergencia europea de los sistemas universitarios exige que se trascienda de lo meramente académico; que se vea la función de la universidad como formadora de titulados para un espacio laboral global, pero también como generadora de conocimiento; que convierta la economía europea en la más competitiva y dinámica del mundo, capaz de sustentar el crecimiento económico, de crear un mayor número de puestos de trabajo de mejor calidad y una mayor cohesión social; capaz de hacer eficientes y sostenibles los procesos, y que la participación en los mismos sea transparente, no discriminatoria y accesible.

Acabamos de ver, pues, los requisitos de EEES y sus consecuencias en la legislación reguladora de los estudios universitarios españoles. En el Capítulo 7 se estudiaron a fondo los objetivos que plantea Europa para el sector AEC al aprobar su directiva EUPPD. Anteriormente, en los capítulos 5 y 6, ya se habían expuesto los principios fundamentales de la metodología BIM y su implicación en el sector de la construcción.

Si se enumeran todos esos aspectos fundamentales y se analizan conjuntamente, se puede observar que hay una serie de confluencias en los objetivos y principios que persigue el EEES y la directiva EUPPD, como no podría ser de otra manera. Y

cuando estos se enfrentan al listado de los principios básicos de BIM como metodología de trabajo, vemos que la convergencia es muy interesante.

Así se habla de ahorro, eficacia y eficiencia en los procesos; de generación de conocimiento, compartición de conocimiento e información, accesibilidad al conocimiento y a la información, movilidad de personas; de trabajo en equipo, colaborativo, multidisciplinar; de ciclo de vida de los proyectos y aprendizaje a lo largo de la vida; de igualdad de oportunidades, no discriminación, acceso al aprendizaje, al empleo, a las oportunidades de negocio; también de formatos abiertos, compatibles y compartibles, etc.

CONVERGENCIA EEES/BIM/EUPPD		
EEES	EUPPD	BIM
Sociedad basada en el conocimiento	Incrementar la eficiencia del gasto público.	Optimiza resultados
Formación por competencias: del enseñar al aprender	Conseguir un importante ahorro de costes para los contribuyentes.	Disminuye el grado de incertidumbre
Aprendizaje a lo largo de la vida	Facilitar en particular la participación de las PYME en la contratación pública. Dar un impulso financiero al sector de la construcción y las industrias afines.	Aumenta la eficiencia del proceso proyecto-construcción
Aprendizaje autónomo	Permitir que los poderes públicos empleen la contratación en apoyo de objetivos sociales comunes.	Los modelos BIM son integradores de conocimiento
Aprendizaje colaborativo	Incorporar del concepto del coste del ciclo de vida del activo	Los modelos BIM son el resultado del trabajo colaborativo
Evaluación por resultados, formativa	Incorporar conceptos de construcción energéticamente eficiente.	Mejoran globalmente el proceso productivo
Utilización de las competencias y habilidades en todo el continente	Fomentar de la interoperabilidad y el uso de lenguajes de formato abierto.	Permite y favorece la gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio
Adquisición de competencias y habilidades medibles en ECTS	Fomentar de estándares de normalización en pro de la transparencia, la igualdad y la no discriminación.	Provocan nuevos flujos de trabajo y entre distintas disciplinas
Sistema de créditos que facilite la movilidad, la compatibilidad y la competitividad	Adoptar de BIM como metodología de trabajo	Necesitan de sistemas abiertos de comunicación

CONVERGENCIA EEES/BIM/EUPPD		
Nuevas tecnologías como vehículo para la competitividad y la igualdad de oportunidades		Se comparten objetivos, riesgos y beneficios
		Necesidad de estandarización y normalización de procesos

Tabla 16. Convergencia EEES/BIM/EUPPD. 2015. Elaboración propia.

Todo ello para dejar patente que el futuro que persiguen el EEES (académico) y la EUPPD (productivo) dirigen la planificación de los estudios AEC hacia el entorno BIM. Todo parece indicar que es el medio. (Tabla 16)

Detengámonos brevemente en la descripción de algunos de los conceptos sobre metodologías docentes y actividades formativas a los que se ha aludido en este apartado y que continuaremos utilizando a partir de ahora.

Aprendizaje cooperativo y/o colaborativo

El aprendizaje cooperativo¹⁷³ es un método de aprendizaje basado en el trabajo en equipo de los estudiantes. Mediante técnicas diversas los alumnos trabajan conjuntamente para lograr objetivos comunes. Todos los miembros del grupo asumen la responsabilidad del resultado de su trabajo.

Muchos autores utilizan, para aludir a él, el concepto cooperativo y colaborativo indistintamente. Otros sí que los distinguen en función del papel del profesor. En el AC el profesor interviene mucho más porque debe estructurar muy bien las actividades, controla las interacciones de grupo y de los resultados. En el aprendizaje colaborativo el control sobre las actividades y las decisiones que influyen en su aprendizaje las toman casi de forma exclusiva los propios miembros del grupo.

Para aproximarse con más profundidad al concepto del AC es necesario tener presentes las diferencias con otras formas de interacción en el aula como son el aprendizaje competitivo y el aprendizaje individual. En una situación de aprendizaje competitivo los estudiantes compiten entre sí para lograr los resultados previstos.

¹⁷³ Aprendizaje cooperativo, en adelante AC.

En una situación de aprendizaje individualista el alumno se centra únicamente en la realización de su tarea y en conseguir, a nivel individual, los resultados previstos.

Con respecto a las interacciones en el aula, en el AC el grupo de alumnos tiene que trabajar conjuntamente. Se lograrán los objetivos solo cuando cada miembro del equipo haya conseguido los suyos al contrario de lo que ocurre en el aprendizaje individual. El grupo busca el beneficio de todos en oposición al aprendizaje competitivo.

No sería adecuado, ni cierto, afirmar que siempre es más eficaz el AC que los demás. Cualquiera de las situaciones de aprendizaje descritas anteriormente puede resultar la más eficaz en un momento determinado.

El AC aporta una serie de ventajas que lo son ellas mismas sin que por ello esta modalidad de aprendizaje se pueda considerar mejor ni peor que cualquier otra, sino más o menos apropiada para el trabajo y la consecución de determinadas competencias:

- Desarrollo de habilidades interpersonales y de trabajo en equipo.
- Desarrollo de habilidades intelectuales de alto nivel.
- Responsabilidad, flexibilidad y autoestima.
- Trabajo de todos: cada alumno tiene una parte de responsabilidad de cara a otros compañeros, dentro y fuera del aula.
- Genera “redes” de apoyo para los alumnos “de riesgo” de exclusión.
- Genera mayor entusiasmo y motivación.
- Promueve el aprendizaje profundo frente al superficial o memorístico (UPM 2008)

Aprendizaje a lo largo de la vida

En la conferencia de Berlín de 2003 se definió el aprendizaje a lo largo de toda la vida¹⁷⁴, como *“el proceso de aprendizaje continuo que permite a todos los individuos, desde la infancia a la ancianidad, adquirir y actualizar conocimientos, destrezas y competencias en diferentes periodos de su vida y en variedad de contextos de aprendizaje, tanto formal como no formal; por lo tanto, maximizando su desarrollo personal, oportunidades de empleo y fomentando su participación activa en una sociedad democrática”*.

¹⁷⁴ Aprendizaje a lo largo de toda la vida, en adelante LLL, acrónimo de su denominación en inglés lifelong learning.

El LLL se convierte en uno de los pilares del EEES y así lo recoge el RD 1393/2007 en su introducción. Supone que el aprendizaje se debe llevar a cabo a lo largo de toda la vida académica. Pero también a lo largo de la vida profesional haciendo a las personas capaces de responder a los cambios de la sociedad en que viven. Esto solo se puede conseguir si el estudiante se convierte en el motor de su aprendizaje y lo extiende a cualquier situación y experiencia tanto educativa como profesional.

Para promover el LLL y el desarrollo de competencias cognitivas asociadas al mismo, en Berlín se consensuaron una serie de recomendaciones. Destacan:

- La utilización de las TIC de modo habitual.
- La oferta de una mejor información y orientación a los estudiantes.
- El reconocimiento y mejor aceptación del aprendizaje basado en el trabajo.

El papel del profesor en este paradigma es el de tutor, “acompañante” del estudiante en su camino de aprendizaje, de propia formación y desarrollo. (Rodríguez Uría, Pérez Gladish et al. 2007)

Evaluación formativa

La evaluación formativa¹⁷⁵ es el proceso de evaluación utilizado por profesores y alumnos durante el período de enseñanza-aprendizaje. Aporta (devuelve) la información necesaria (feedback) para ir ajustando el proceso de manera que los alumnos consigan los objetivos propuestos. (McDowell, Wakelin et al. 2011)

Se trata de una evaluación más integrada en el proceso de enseñanza-aprendizaje, con pruebas cortas y frecuentes, con poco valor en la nota, más orientadas a la corrección de errores y a enseñar a estudiar que a la calificación. La evaluación y la corrección en ellas mismas deben ser también una oportunidad para destacar aciertos, motivar, reforzar la autoeficacia, etc.

Hay mucha investigación que demuestra que el feedback incorporado en el proceso de enseñanza hace que los alumnos:

- Se hagan más responsables de su propio aprendizaje y se autorregulen mejor.
- Juzguen de manera más positiva su experiencia académica.

¹⁷⁵ El término en inglés, *assessment for learning* o evaluación para aprender, expresa mejor sus objetivos.

- Utilicen la oportunidad de verificar, practicar, corregir y, en última instancia, mejorar sus propios conocimientos y habilidades.
- Se habitúen con más facilidad a utilizar un enfoque profundo del estudio. (McDowell, Wakelin et al. 2011)

Formación por competencias: del enseñar al aprender

El saber es inabarcable, especializado, fragmentado y, ahora más que nunca, caduco. Por ello el conocimiento está en permanente construcción.

Si se pretende formar a los profesionales de futuro, tal y como exigió en su momento el EEES, aun para un futuro próximo pero incierto, garantizando su valía o capacitación a largo plazo, hay que formarlos integrando lo académico con lo profesional y también con lo vital, creando espacios curriculares integrados en los que se planteen situaciones de la vida profesional y se utilicen metodologías cercanas a las que utilizaría a lo largo de la misma.

Asimismo, deben ser situaciones que les obliguen a tomar decisiones en condiciones de incertidumbre, como es previsible que suceda a menudo en su vida profesional. Estas condiciones harán posible un aprendizaje a lo largo de la vida porque el alumno habrá aprendido a hacer frente y resolver situaciones nuevas y con un alto grado de incertidumbre. (ANECA 2013)

En resumen se ha de migrar de la universidad con un enfoque basado en contenidos, es decir, en lo que el profesor enseña, a otra universidad cuyo enfoque se centre en los resultados del estudiante, es decir, en aquello que el estudiante es capaz de comprender y hacer al terminar con éxito su proceso de aprendizaje. (ANECA 2013)

Se ha de ir hacia un aprender de calidad basado en:

- Métodos variados y apropiados para la adquisición de aprendizajes de conceptos y teorías, pero también de competencias, habilidades, actitudes y valores.
- Considerar el aprendizaje y la docencia como un proceso dialógico entre profesor y estudiante, y también entre estudiantes, o entre éstos y ciertas situaciones.
- Inclusión de las distintas metodologías dentro de un marco coherente. De esta forma ninguna se considerará única ni exclusiva.

- Recurrir a actividades realistas, que el estudiante puede reconocer como socialmente valoradas, como medio para estimular su interés y motivación
- El planteamiento docente debe estar basado en los conocimientos previos de los estudiantes como la mejor garantía de éxito.
- La propuesta debe ser realista, ajustada al tiempo y recursos disponibles. (Bowden, Marton 1998)

Resultados del aprendizaje

La necesaria reorganización de los programas de educación superior ha supuesto la entrada en el escenario de un concepto clave, los *resultados del aprendizaje*. Su utilización debía incrementar la transparencia de los resultados de la educación superior europea. Todo ello porque mediante la definición de los resultados del aprendizaje esperados, los objetivos de los títulos se hacen más explícitos, claros y comprensibles para los estudiantes, pero también para los empleadores. Asimismo, el poder comparar a través de ellos las cualificaciones entre los distintos países del EEES promueve la movilidad académica y profesional, tal y como la Declaración de Bolonia persigue. (ANECA 2013)

Esta filosofía ya la tuvo que poner en marcha la universidad española a raíz de la adaptación que se hizo de la legislación en materia de estudios universitarios al EEES.

Se podría acudir a diversos autores e instituciones de enseñanza y pedagogía universitaria para encontrar casi el mismo número de definiciones del término. Sin embargo, difieren muy poco entre ellas. Nos quedaremos con la que adopta la ANECA en su Guía¹⁷⁶, y que dice que los resultados del aprendizaje¹⁷⁷ son declaraciones de lo que se espera que un estudiante conozca, comprenda y/o sea capaz de hacer al final de un periodo de aprendizaje. Su utilización viene apoyada tanto por las políticas educativas como por la práctica cotidiana de algunas universidades europeas.

Los RDA actúan como:

- elemento director en el diseño y en el proceso de enseñanza-aprendizaje,

¹⁷⁶ La ANECA a su vez la adopta de la definición que da el Marco de Cualificaciones del Espacio Europeo de Educación Superior.

¹⁷⁷ Resultados del aprendizaje, en adelante RDA.

- elemento descriptor de lo que se pretende llevar a cabo en un plan de estudios,
- facilitador para la elaboración de otros elementos del diseño curricular, como son las actividades formativas y el sistema de evaluación,
- elemento de engarce y análisis con otros planes de estudios, la transparencia, la movilidad, la rendición de cuentas, la empleabilidad o el atractivo del sistema universitario (objetivos fundamentales del EEES)

No se debe confundir los RDA con los objetivos de un PE o de una asignatura, ya que estos están directamente relacionados con el profesor y en su enunciado el profesor es el que realiza la acción. Los RDA están relacionados con el alumno y es él quien realiza la acción.

Por otro lado, *la correlación entre los resultados del aprendizaje y las competencias es un área compleja: tema de más de un debate y una confusión no menor* (Adam 2004). Se han llegado a utilizar como sinónimos y habría que matizar las diferencias.

Recurriendo, como hace la ANECA, al criterio del Marco de Cualificaciones del EEES, diríamos que:

- los resultados del aprendizaje son el producto final del proceso de enseñanza,
- el término competencia se utiliza en un sentido amplio permitiendo la gradación de habilidades o destrezas, y se considera que está incluido en el concepto de resultados del aprendizaje.

Sin embargo, a lo largo del propio texto ambos conceptos se utilizan indistintamente, haciendo muchas veces difícil su diferenciación.

Además, los resultados del aprendizaje deben ser:

- Definidos con claridad.
- Observables y evaluables.
- Factibles y alcanzables
- Diseñarse para asegurar su idoneidad y relevancia

- Corresponderse adecuadamente al nivel definido en el Marco Español de Cualificaciones de la Educación Superior¹⁷⁸.

Y aunque se les exige claridad, concreción, idoneidad, viabilidad, etc., nunca deben llegara a ser un listado interminable de las actividades que el profesor va a desarrollar en el aula, sino que debe centrarse en aquello relevante que se espera que el estudiante logre al término de un determinado periodo de aprendizaje.

Para la correcta descripción de los RDA, y aunque hay mucha literatura al respecto, está muy extendida la propuesta de Bloom por su simplicidad. Está basada en la llamada Taxonomía de Bloom¹⁷⁹, revisada por Anderson (2001)¹⁸⁰, que ofrece una estructura en la que aparecen los niveles de complejidad de los resultados de aprendizaje y una lista de verbos de acción (Tabla 17). Esta estructura ayuda a la hora de enunciar los resultados del aprendizaje que deberían tener una estructura verbo + objeto + contexto:

CATEGORÍAS DE BLOOM	
PLANO COGNITIVO	
Conocimiento	citar, decir, definir, describir, duplicar, encontrar, enumerar, enunciar, examinar, identificar, listar, marcar, memorizar, mostrar, nombrar, ordenar, organizar, presentar, recopilar, recordar, relatar, repetir, reproducir, resumir, tabular.
Comprensión	asociar, cambiar, clarificar, clasificar, construir, contrastar, convertir, deducir, defender, descodificar, describir, diferenciar, discriminar, discutir, distinguir, estimar, explicar, expresar, extender, generalizar, identificar, ilustrar, indicar, informar, interpretar, modificar, parafrasear, predecir, reconocer, reescribir, resolver, revisar, seleccionar, situar, traducir.
Aplicación	adaptar, aplicar, bosquejar, calcular, cambiar, completar, computar, construir, demostrar, desarrollar, descubrir, elegir, emplear, encontrar, examinar, experimentar, ilustrar, interpretar, manipular, modificar, mostrar, operar, organizar, practicar, predecir, preparar, producir, programar, relatar, seleccionar, solucionar, transferir, utilizar, valorar.

¹⁷⁸ Marco Español de Cualificaciones de la Educación Superior, en adelante MECES

¹⁷⁹ La Taxonomía de Bloom (1956) examina diferentes miradas al dominio cognitivo. Este dominio categoriza y ordena habilidades de pensamiento y objetivos. La taxonomía (categorías en forma de sustantivos) sigue el proceso del pensamiento que parte de Habilidades de Pensamiento de Orden Inferior (LOTS) y va hacia Habilidades de Pensamiento de Orden Superior (HOTS). Las categorías son Conocimiento, Comprensión, Aplicación, Análisis, Síntesis y Evaluación.

¹⁸⁰ En 2001 Anderson y Krathwohl revisan la taxonomía de Bloom en dos sentidos. Dan las categorías en forma de verbos y consideran que crear es superior a evaluar dentro del dominio cognitivo. Así sus las categorías quedan en Recordar, Comprender, Aplicar, Analizar, Evaluar, Crear.

CATEGORÍAS DE BLOOM	
Análisis	analizar, calcular, categorizar, clasificar, comparar, conectar, contrastar, criticar, cuestionar, debatir, deducir, desglosar, determinar, diferenciar, discriminar, distinguir, dividir, subdividir, examinar, experimentar, identificar, ilustrar, inferir, inspeccionar, investigar, mostrar, ordenar, organizar, relatar, resumir, separar, testar, valorar.
Síntesis	argumentar, categorizar, combinar, compilar, componer, construir, crear, desarrollar, diseñar, establecer, explicar, formular, generalizar, generar, hacer, instalar, integrar, inventar, manejar, modificar, organizar, originar, planificar, preparar, proponer, reconstruir, recopilar, reescribir, relatar, reordenar, reorganizar, reunir, revisar, sintetizar, trazar.
Evaluación	adjuntar, apoyar, apreciar, argumentar, comparar, concluir, contrastar, convencer, corregir, criticar, decidir, defender, determinar, discriminar, elegir, estimar, estipular, evaluar, explicar, interpretar, justificar, juzgar, medir, predecir, puntuar, recomendar, relatar, resolver, resumir, revisar, validar, valorar.
PLANO SUBJETIVO	
	aceptar, acoger, actuar, adherirse, apoyar, apreciar, asistir, combinar, compartir, completar, comunicar, concordar con, cooperar, cuestionar, defender, demostrar (una creencia en algo), diferenciar, discutir, disputar, elogiar, escuchar, exponer, iniciar, integrar, intentar, justificar, juzgar, ordenar, organizar, participar, practicar, preguntar, relatar, resolver, responder, retar, seguir, sintetizar, tener, unir, valorar.
PLANO PSICOMOTOR	
	adaptar, administrar, agarrar, ajustar, aliviar, alterar, arreglar, bosquejar, calentar, calibrar, colocar, combinar, construir, copiar, coreografiar, cuadrar, demostrar, desmantelar, detectar, diferenciar (al tacto), diseccionar, diseñar, distribuir, doblar, edificar, ejecutar, estimar, examinar, fijar, gesticular, grabar, identificar, imitar, manejar, manipular, medir, mezclar, operar, organizar, presentar, reaccionar, refinar, reparar, representar, reunir, triturar, utilizar.

Tabla 17. Categorías de la Taxonomía de Bloom y los verbos asociados para enunciar los RDA. 2015. Elaboración propia a partir de la Guía de la ANECA 2013.

Una vez descritos los resultados del aprendizaje que han de alcanzar los estudiantes en las asignaturas o en el programa completo, los siguientes pasos consisten en desarrollar una estrategia de enseñanza-aprendizaje adecuada basada en las actividades formativas.

Por último, establecer los correspondientes procedimientos de evaluación. (Biggs 2003) (Figura 18)

Resultados del aprendizaje	Actividades formativas	Evaluación
Plano cognitivo: Conocimiento Comprensión	Clases magistrales Lecturas (especialmente con comentarios, preguntas o discusión) Tutorías Discusiones Trabajo en grupo Presentaciones en grupo Seminarios	Exámenes escritos u orales Test Evaluación de trabajos o ensayos Evaluación de presentaciones
Aplicación: Análisis Síntesis	Trabajo de laboratorio Trabajo clínico Aprendizaje basado en problemas Aprendizaje basado en proyectos Estudio de casos Tutorías	Evaluación de la práctica realizada, de las conclusiones o proyectos presentados, de la interacción durante el trabajo en grupo con criterios explícitos y públicos
Análisis: Síntesis Evaluación	Elaboración de proyectos e informes técnicos Análisis de casos Análisis y crítica de textos, sentencias, informes ajenos Clases magistrales tras trabajos prácticos Tutorías sobre trabajos	Evaluación de los proyectos, de los informes, del análisis de casos con criterios explícitos y públicos

Tabla 18. Correlación entre resultados de aprendizaje, metodologías de enseñanza aprendizaje y métodos de evaluación. 2015. Elaboración propia a partir de la Guía de la ANECA 2013.

Actividades formativas propicias: aprendizaje basado en problemas, método del caso, aprendizaje basado en proyectos, etc.

El Aprendizaje basado en problemas es una estrategia de enseñanza-aprendizaje en la que tanto la adquisición de conocimientos como el desarrollo de habilidades y actitudes resultan importantes. En el aprendizaje basado en problemas un grupo pequeño de alumnos se reúne, con la asistencia de un tutor, a analizar y resolver un problema seleccionado o diseñado especialmente para conseguir determinados objetivos de aprendizaje.

Con el Método del Caso los alumnos aprenden sobre la base de experiencias y situaciones de la vida real. Esto les permite construir su propio aprendizaje en un contexto que los aproxima a su entorno. El profesor por su parte debe asegurarse que el alumno cuenta con una buena base teórica que le permita trabajar con el caso y transferir sus conocimientos a una situación real.

Un caso es la descripción de un hecho pasado que describe una situación compleja real. Debe permitir la discusión basada en los hechos problemáticos que deben ser encarados en situaciones de la vida real.

El Aprendizaje Basado en Proyectos¹⁸¹ puede ser visto desde varios enfoques, esto es, como método de enseñanza, como estrategia de aprendizaje y como estrategia de trabajo. En el caso de la enseñanza se caracteriza porque el grupo de profesores y alumnos realizan trabajos en grupos sobre temas reales, que ellos mismos han seleccionado de acuerdo a la capacidad de la institución. (Thomas, Mergendoller et al. 1999)

El ABP implica el formar equipos integrados por personas con distintos perfiles o áreas disciplinares, que trabajan juntos para realizar proyectos que solucionen problemas/problemáticas reales. Estas diferencias ofrecen grandes oportunidades para el aprendizaje y prepararan a los estudiantes para trabajar en un ambiente y en una economía diversa y global.

En el ABP se desarrollan actividades de aprendizaje interdisciplinarias, de largo recorrido y centradas en el estudiante, las cuales tendrán éxito solo si se establecen ordenadamente la serie de operaciones que se han de llevar a cabo, se definen los distintos roles que desempeñarán los miembros, y si están correctamente predefinidos los fundamentos de diseño del proyecto. Si es así el ABP conduce a los estudiantes a:

- Adquirir conocimientos y habilidades básicas.
- Aprender a resolver problemas complicados.
- Llevar a cabo diferentes actividades propias de la investigación utilizando estos conocimientos y habilidades.

Y contribuye a:

- Crear un concepto integrador de las diversas áreas del conocimiento.
- Promover una conciencia de respeto a otras formas de pensar, de trabajar, a otras personas.
- Desarrollar empatía por personas.
- Promover el trabajo disciplinar.
- Promover la capacidad de investigación.

¹⁸¹ Aprendizaje Basado en Proyectos, en adelante ABP.

- Proveer de una herramienta y una metodología para aprender cosas nuevas de manera eficaz. (Thomas, Mergendoller et al. 1999)

Una vez finalizado este recorrido por las implicaciones que el EEES tiene sobre el cambio que se va a proponer en esta tesis, queremos volver brevemente al punto en el que nos hemos referido a los resultados de aprendizaje, a las competencias y a lo complejo de su diferenciación.

No nos debe extrañar, que en España, donde está mucho más extendido el uso del término competencias que el de resultados del aprendizaje, se haya utilizado el concepto competencias casi en exclusiva para expresar lo que un estudiante debe saber, entender y ser capaz de hacer al finalizar sus estudios. Hasta tal punto es así, que se usan indistintamente los dos incluso en la redacción de la legislación relativa a educación superior, como se verá: en el RD 1393/2007 se usan indistintamente, en la Orden ECI solo se utiliza el término competencias, y solo en el RD 1027/2011¹⁸² aparece la definición de resultado del aprendizaje de manera explícita.

Pero veremos más adelante que no es solo una cuestión de denominación, sino que en el RD 1393/2007 cuando se habla de competencias básicas lo son realmente. Pero, sin embargo, las competencias específicas que se enumeran en la Orden ECI en realidad responden más a lo que serían resultados del aprendizaje, por su nivel de detalle.

Se hace aquí esta puntualización para aclarar al lector que a partir de este momento se seguirán utilizando los dos términos tal y como lo hace la legislación española, es decir, prevalecerá el concepto competencia. Pero cuando se proponga el cambio, se estarán proponiendo cambios en los resultados del aprendizaje realmente. En cualquier caso, se volverán a aclarar estos términos.

9.1.4. La tramitación administrativa de los Planes de Estudio universitarios

Hasta el año 2007, con la Ley Orgánica 6/2001¹⁸³ de Universidades vigente, recaía en el Gobierno la total responsabilidad de la creación de los títulos oficiales

¹⁸² Real Decreto 1027/2011, de 15 de julio, por el que se establece el Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES).

¹⁸³ Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades, conocida como LOU 6/2001, o LOU.

universitarios. Los contenidos formativos mínimos de los mismos se recogían en el Catálogo de Títulos vigente.

Con Ley Orgánica 4/2007¹⁸⁴ por la que se modifica la LOU 6/2001, esto cambia de una forma importante. El responsable del cambio es el Real Decreto 1393/2007 por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales y que se aprueba en desarrollo de la LOMLOU. A partir de este RD es en la propia Universidad en quien reside la competencia de crear y proponer las enseñanzas y títulos que ella vaya a impartir y expedir.

Sin embargo, el RD 1393/2007 plantea una excepción. En su artículo 12.9 concreta que en el caso del diseño de títulos que habiliten para el acceso o ejercicio de actividades profesionales¹⁸⁵:

- Es el Gobierno el que establece las condiciones a las que deberán adecuarse los planes de estudio. El objetivo de esta excepción es garantizar que los títulos acrediten la adquisición de las competencias y de los conocimientos adecuados para dicho ejercicio profesional.

En consecuencia, atendiendo a las prescripciones del RD 1393/2007, el Gobierno dicta sendas órdenes ministeriales para cada una de esas titulaciones de grado habilitantes.

En el caso de la titulación que habilita para la profesión de arquitecto técnico, la orden en cuestión es la ORDEN ECI/3855/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico.

La ECI/3855/2007 ordena las enseñanzas universitarias oficiales dentro del marco del Proceso de Bolonia. Así, divide los contenidos en tres módulos, a saber, de formación básica, específicos obligatorios y de proyecto fin de grado; asigna a cada uno de estos módulos en su conjunto, una duración mínima de créditos ECTS (60, 108 y 12 respectivamente); deja los restantes créditos (60) para otros específicos obligatorios y optativos, y prácticas de empresa; y establece las *competencias específicas* que deben adquirirse a partir de estos contenidos. Hasta aquí llega la intervención del Gobierno en el establecimiento de los requisitos mínimos que debe cumplir cualquier plan de estudios que desee implantar una universidad española. En el

¹⁸⁴ Ley Orgánica 4/2007, de 12 de abril, conocida LOMLOU 4/2007, o LOMLOU. Modifica a la LOU 6/2001,

¹⁸⁵ Como lo es el título que habilita para la profesión de arquitecto técnico, entre otros.

Anexo 3 se puede consultar el cuadro de requisitos mínimos de la Orden ECI/3855/2007 completo.

Es el Libro Blanco del Título de Grado en Ingeniería de Edificación el que, en su Capítulo 5, definió el perfil profesional de los titulados. Entendía el perfil como “conjunto de competencias necesarias para desarrollar puestos de trabajo u ocupaciones afines entre sí...” (ANECA 2005). Para definir estos perfiles profesionales el Libro Blanco partió de una encuesta realizada por el Consejo General de la Arquitectura Técnica de España sobre perfiles profesionales de sus colegiados. La Orden ECI por su parte se basó en esta definición de perfil profesional para determinar esas competencias a las que nos hemos referido en el párrafo anterior.

El Libro Blanco del Título de Grado en Ingeniería de Edificación supuso el resultado del trabajo llevado a cabo por una red de universidades españolas, apoyadas por la ANECA. Para la elaboración del documento se nombró una Comisión de Coordinación y Redacción (CCR) compuesta por 7 universidades y coordinada por la Universidad de Granada. Su objetivo explícito era realizar estudios y supuestos prácticos útiles en el diseño de dicho título de grado adaptado al EEES. Se trataba de una propuesta no vinculante, con valor como instrumento para la reflexión. Ya se había publicado en junio de 2005. (ANECA 2005)

- Es la universidad que otorga el título, la que por una parte, decide cuál ha de ser la denominación de las titulaciones que imparte. Y por otra, la que debe establecer, de forma concreta para el título que expedirá y atendiendo al esquema que se aporta en el Anexo I del RD 1393/2007, lo siguiente:

1. Denominación del título
2. Justificación de la propuesta
3. Objetivos/competencias
 - a. Básicas¹⁸⁶ (más las que figuren en el MECES)
 - b. Generales y específicas
4. Acceso y admisión de estudiantes
5. Planificación de las enseñanzas:
 - a. Módulos-materias:
 - ✓ Denominación
 - ✓ Competencias específicas

¹⁸⁶ En nuestra opinión estas deberían denominarse *competencias genéricas*. Lo son para cualquier título de grado. Las *competencias básicas* son aquellas que se deben haber adquirido al finalizar la enseñanza obligatoria.

- ✓ Contenidos
- ✓ Actividades formativas¹⁸⁷
- ✓ Sistema de evaluación
- b. Créditos ECTS
- c. Organización temporal
- d. Carácter obligatorio/optativo
- 6. Personal académico
- 7. Recursos materiales y servicios
- 8. Resultados previstos
- 9. Sistema de garantía de la calidad
- 10. Calendario de implantación

En el caso de la titulación habilitante para la profesión de arquitecto técnico, la que había de ser el Grado en Ingeniería de Edificación, la Conferencia de Directores de Centros que impartirían esa titulación, reestructuraron las competencias específicas que había prediseñado la Orden ECI, dejándolas a nivel de materias, tal y como se ve en la Figura 36.

FORMACIÓN BÁSICA		
MATERIAS BÁSICAS DE LA RAMA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
Materias	Breve descripción	ECTS
Matemática Aplicada	Álgebra lineal. Cálculo. Geometría. Estadística. Descriptiva y Correlación. Probabilidad. Variables aleatorias. Inferencia estadística.	
Física aplicada	Estática del Sólido Rígido y Elementos Estructurales. Mecánica de Fluidos. Acústica. Calorimetría y Transmisión del Calor. Higrometría. Transporte y Distribución de Energía.	
Expresión gráfica	Sistemas de representación. Procedimientos de Expresión Gráfica.	
Economía aplicada a la empresa	Economía General. Economía de Empresa. Gestión de Recursos. Análisis de Inversiones.	
Subtotal Materias Básicas de la rama de Ingeniería y Arquitectura		36
MATERIAS BÁSICAS PARA FORMACIÓN INICIAL DEL ESTUDIANTE O DE CARÁCTER TRANSVERSAL		
Materias	Breve descripción	ECTS
Derecho	Derecho de la construcción. Gestión medioambiental.	

¹⁸⁷ En las actividades formativas y en la metodología de enseñanza aprendizaje reside la posibilidad que tiene cada plan de estudios de garantizar la adquisición de las competencias transversales, es decir, aquellas que no van unidas a ninguna disciplina sino a una variedad de materias.

FORMACIÓN BÁSICA		
Expresión Gráfica	Procedimientos Avanzados de Comunicación Gráfica. Procesamiento. Representación.	
Instalaciones	Fundamentos del diseño y cálculo de las instalaciones.	
Fundamentos de Materiales de Construcción	Geología y Química Aplicada. Impacto medioambiental.	
Subtotal Materias Básicas para la formación inicial o de carácter transversal		24
Total Materias de Formación Básica		60
FORMACIÓN ESPECÍFICA		
Materias	Breve descripción	ECTS
Expresión Gráfica	Levantamiento de Planos y Documento Gráfico.	
Replanteos y Topografía	Técnicas y Equipos para la toma de datos. Replanteos. Planimetría y Altimetría.	
Materiales de Construcción	Tecnología de los Materiales. Ensayos. Control de Calidad de los Materiales y de los Sistemas Constructivos. Creación y tratamiento de materiales de construcción en sistemas BIM.	
Construcción	Historia de la construcción. Tecnología y Sistemas Constructivos. Control de la Ejecución. Mantenimiento. Patología, Restauración y Rehabilitación. Equipos de Obra. Construcción Sostenible. Análisis Energéticos de los Edificios.	
Estructuras de Edificación	Elasticidad y Plasticidad. Resistencia de Materiales. Mecánica del Suelo y Cimentaciones. Tipologías Estructurales: Diseño, Cálculo y Comprobación.	
Instalaciones de Edificación	Ejecución y Comprobación de las Instalaciones.	
Organización del Proceso Constructivo	Técnicas de Planificaciones, Programación y Organización de la Edificación. Optimización de Recursos.	
Prevención y Seguridad Laboral	Prevención de riesgos laborales. Seguridad en el trabajo.	
Calidad de la Edificación	Gestión, Aseguramiento y Control de la Calidad.	
Gestión Urbanística	Gestión y Control Urbanísticos.	
Presupuestos y Control Económico	Análisis de costes. Técnicas de Medición. Elaboración del Presupuesto del Proceso Constructivo. Planificación.	
Peritaciones y Tasaciones	Valoraciones, Tasaciones y Peritaciones. Estudios de Viabilidad.	
Proyectos Técnicos	Redacción, Análisis, Auditoria, Control, Gestión y Desarrollo de Proyectos Técnicos.	
Total Materias Específicas		108
PROYECTO FIN DE GRADO		

FORMACIÓN BÁSICA		
Materias	Breve descripción	ECTS
Proyecto Fin de Carrera	Desarrollo de un Proyecto o Trabajo Fin de Carrera	12
Total Proyecto Fin de Grado		12

Figura 36. Competencias específicas para el Grado en Ingeniería de Edificación. 2009. UPV

Cuando cada universidad inició el proceso de diseño de su respectivo plan de estudios, tuvo en cuenta además las competencias genéricas que para cualquier titulación universitaria de grado especificó la ANECA en su Guía para la verificación de Títulos Oficiales, además de lo recogido en otras leyes al respecto de derechos fundamentales, igualdad, accesibilidad, no discriminación, valores culturales, de



Figura 37. Procedimiento de verificación de títulos universitarios. 2015. Elaboración propia

paz y democráticos. Con ello, cada universidad descompuso a su conveniencia las competencias específicas preestablecidas y las asimiló a materias/ asignaturas concretas; añadió nuevas y las asimiló a materias/ asignaturas optativas; y con todo ello elaboró su propia propuesta de PE y de denominación de título según el ya mencionado Anexo I del RD 1393/2007.

Se iniciaba ahí el proceso de verificación regulado en el RD, que se detalla en la Figura 37, y que había de culminar con la aprobación del título para cada una de las universidades.

El RD prevé además la renovación de esa acreditación, que en el caso de los grados debe conseguirse por informe favorable de la ANECA a los 6 años de la verificación inicial. También prevé el protocolo para la modificación de los planes de estudio. Este protocolo lo recoge la Figura 38.

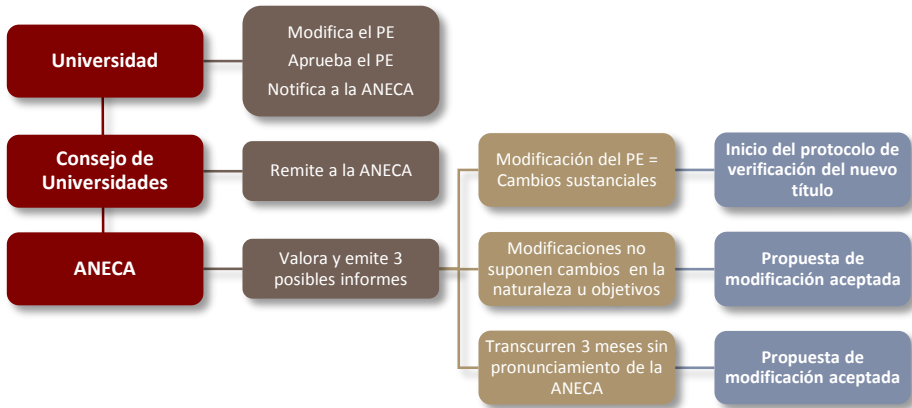


Figura 38. Protocolo de modificación de PE. 2015 Elaboración propia

Dejando de lado la preceptiva tramitación administrativa para la verificación o modificación de los planes de estudio, centrémonos en el diseño. Recaiga en quien recaiga la responsabilidad de definir con detalle los planes de estudio de los estudios universitarios dentro de la legislación vigente, en incluso antes de llegar a ese detalle, lo que es parece claro es que la secuencia será la siguiente:



9.2. Propuesta para el cambio

9.2.1. Análisis de los posibles escenarios

Ante la hipótesis de esta tesis de hacer una propuesta de plan de estudios para la titulación de Grado en Arquitectura Técnica con BIM integrado, se va a plantear una

estrategia basada en la triple relación ajuste/adecuación/efectividad que se daría en una serie de escenarios que hipotéticamente se podrían plantear. Estos escenarios (4) surgen si nos planteamos 4 puntos de partida distintos y que pueden tener relación con las atribuciones profesionales para las que habilita la titulación, con las competencias genéricas que debe garantizar el grado y/o con las competencias específicas que garantizarán los contenidos.

Con *ajuste* nos estamos refiriendo al grado en que la propuesta encaja, y por tanto se ajusta, al marco legal vigente, a la situación normativa. Se analizará pues para cada propuesta en qué medida se debería modificar la norma que sirve de base para el diseño de los PE, esto es, la Orden ECI/3855/2007, y dentro de ella la tabla de competencias o incluso si la propuesta requiriese una modificación normativa mayor.

Como aspecto colateral a este, se podría pensar que, habida cuenta de que cualquier del PE supone una tramitación, y por tanto, el cumplimiento de unos plazos, lo más rápido sería evitar cualquier modificación legal en la medida de lo posible y decantarse por las propuestas más ajustadas a normativa. Sin embargo, la cuestión *tiempo* no puede ser determinante en este análisis. Desde luego, no se va a dejar de plantear una modificación legal que por otros criterios pareciese aconsejable, por una mera cuestión de ahorrar tiempo. Pero como información adicional que en determinado momento pueda ayudar a evaluar y/o valorar alguna de las propuestas frente a las demás, la consideraremos.

La segunda cuestión, la *adecuación*, alude a lo propicio o pertinente de cada una de las situaciones planteadas. Nos referimos exactamente al interés académico y/o social. El RD 1393/2007, en el punto 2 de su Anexo I, se refiere a él como criterio que debe aparecer en los Libros Blancos a la hora de justificar el título de grado correspondiente.

Las modificaciones del PE no afectarían únicamente a la formación de los futuros titulados y a los docentes que deben ponerlos en marcha. El resultado podría afectar al resto del colectivo profesional en tanto en cuanto sus habilidades y capacidades profesionales se distancien de las que obtendrán los nuevos egresados. Y más si conlleva cambios normativos que pudiesen llegar a afectar a atribuciones profesionales. También al resto del sector productivo de la construcción y a las distintas administraciones. Habrá que estar alerta pues a esa combinación.

Los resultados de este análisis deberían permitirnos realizar una comparativa y una valoración final que nos permitiese determinar cuál de las hipotéticas situaciones planteadas es la que presentaría mayor grado de efectividad.

Por *efectividad* de una propuesta se entiende hasta qué punto se lograría con ella exactamente el efecto deseado o esperado, si responde exactamente a lo que se le solicitaba a pesar de lo que exige o supone llegar hasta él. No podremos valorar este criterio hasta no tener todos los demás analizados.

Se quiere puntualizar, además, que no se ha de confundir la efectividad de la propuesta de escenario con lo efectivo que puede acabar siendo el PE que derivase de dicha propuesta. El diseño final de un PE es responsabilidad exclusiva de cada universidad. Por ello su efectividad final, la real, dependerá siempre del mayor o menor acierto de aquella al diseñarlo. Esa es una cuestión inevitable. Esa efectividad, en cualquier caso, no se puede conocer en esta fase en la que solo se están estableciendo criterios para el escenario de la modificación. Ni siquiera se podrán conocer con el PE diseñado. La ANECA hasta ese momento simplemente habría constatado que el PE a implantar cumple los requisitos mínimos. Los resultados objetivos de la efectividad de un PE no se podrán medir sino a partir de niveles de satisfacción del alumnado y del profesorado, de empleabilidad de los egresados, del grado de satisfacción de los empleadores, etc. Es decir, a partir de los datos que se obtengan de los sistemas de garantía de la calidad, los cuales formarán parte de los propios PE, tal y como prevé el RD 1393. Y eso no será a corto plazo.

La secuencia que se va a seguir en el análisis es la siguiente:

1. Se enumerarán las premisas de partida.
2. Se plantearán las hipotéticas situaciones que podrían darse según el grado de intervención en la Orden ECI que requieran.
3. Se evaluará su ajuste a la normativa vigente y el nivel de adecuación de cada una de ellas a los intereses generales; de forma relativa, es decir, con respecto a las demás, se medirá el tiempo que requeriría cada propuesta para ponerse en marcha; y por último, se indicará en qué consistiría la tramitación necesaria para la aprobación del PE que de cada escenario se derivase.
4. Para la cuantificación de estas cinco categorías se utilizará inicialmente una escala de valoración cualitativa, no numérica, que indique el grado en el

cual se halla presente esa característica en el escenario supuesto. La escala cuenta con cuatro grados: nulo, bajo, medio y alto.

5. Posteriormente se le dará valor numérico a esos grados (nulo 0, bajo 1, medio 2 y alto 3) lo cual nos permitirá representarlos gráficamente y compararlos; y serán positivos o negativos dependiendo de la connotación que tenga la categoría (positivos para la adecuación y el ajuste, y negativos para el resto).
6. Se determinará la valoración global del escenario y la propuesta a partir de los resultados obtenidos.

Las premisas de partida se han establecido ya en el apartado anterior:

- Sea como fuere han sido los profesionales de la academia los que en vista del futuro del sector y de los resultados de aquellas experiencias docentes surgidas en solitario y sin demasiada repercusión por ellas mismas, junto con los profesionales reunidos en grupos de trabajo y debate, congresos, manifiestos, los que han iniciado diversas estrategias b/u que han hecho reaccionar a la administración del estado.
- Una vez que el Gobierno ha reaccionado, ha tomado las riendas convocando una Comisión BIM de trabajo. Inicia, desde el ámbito nacional, su propia estrategia t/d, “imponiendo” a todos los estamentos que se encuentran por debajo de él que se pongan a trabajar en la integración de BIM en los currículos universitarios.
- A partir de ese momento, la universidad española, liderando el grupo de trabajo en su conjunto, será el nivel más alto y todas las disciplinas de la titulación, las escuelas, los departamentos, los docentes, los alumnos, e incluso los colegios profesionales, se verán implicados en mayor o menor medida según las decisiones que allí se tomen. Se estará nuevamente ante una situación t/d.
- En función del grado de ajuste en el que se plantee la integración, la universidad (ahora bottom), se verá obligada a solicitar en mayor o menor medida la intervención coordinadora, reguladora, o incluso legisladora de la administración (ahora up).

En este punto, y antes de seguir avanzando, nos gustaría añadir una última premisa que no se ha establecido en el apartado anterior, pero ha estado implícita durante toda la segunda y esta tercera parte de la tesis:

- Como se decía en el Capítulo 1, esta tesis se acota en el campo de la arquitectura técnica por la condición personal de la autora de arquitecto técnico y de docente en una escuela técnica en la que se imparte el Grado correspondiente. Sin embargo, queremos dejar patente que cualquiera de las situaciones que aquí se van a escenificar y la valoración que se va a hacer de ellas, se podría hacer, y se obtendrían presumiblemente los mismos resultados, del resto de titulaciones que en el sistema universitario español integran lo que se conoce como AEC: arquitectura, ingeniería civil e ingeniería de caminos, canales y puertos. De hecho, durante estos capítulos han sido numerosas las veces en las que el discurso se ha enmarcado en el sector AEC, sin distinción.

Entendemos pues, que desde el grupo de trabajo de la Comisión BIM, liderado por la universidad, las situaciones hipotéticas que se podrían plantear y sus correspondientes niveles de ajuste, adecuación y/o efectividad serían las siguientes:

La Orden ECI/3855/2007 permanece invariable

Esta primera situación supone que las universidades no se planteen modificaciones sustanciales ni en el perfil del futuro profesional que se desea formar, ni en las competencias que el mismo debe adquirir. La postura del Gobierno sería mantenerse al margen y dejar hacer a las universidades.

En este caso las competencias de la Orden ECI permanecerían intactas, sin necesidad de modificación alguna. El objetivo sería pues seguir formando al arquitecto técnico actual, que podría actuar como agente del proceso de edificación de acuerdo con su titulación y con la definición que da la LOE para cada agente; con las atribuciones profesionales establecidas en la Ley 12/1986 y en el CTE; y que ejercería su profesión de acuerdo con la LSP vigente o la que se aprobase.

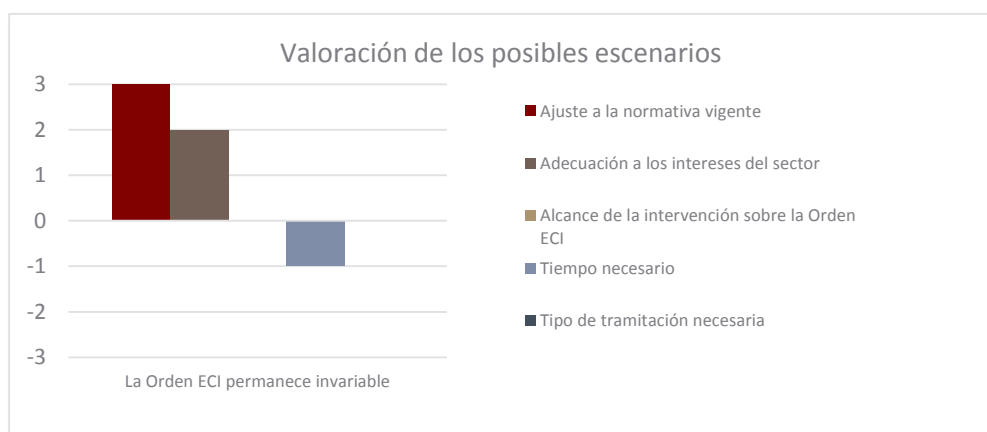
Las modificaciones, en este caso, las realizaría cada universidad directamente en su PE, y consistirían en la introducción directa de contenidos BIM. Y lo podría hacer de acuerdo a sus propios criterios, y hasta un nivel tal que, efectivamente, no supusiera modificación sustancial en la naturaleza ni en los objetivos del PE. Es decir, que se trataría de una intervención conservadora desde el punto de vista de la normativa, totalmente ajustada a esta. La ANECA lo vería y lo consideraría así también. Se estaría entonces ante una mera modificación de PE que se salvaría,

administrativamente hablando, con un informe favorable de la agencia evaluadora. El periodo de tramitación sería el más corto que se pudiese requerir.

Sería además una estrategia de implantación que cada universidad podría acometer cuando, como y con la profundidad o alcance que quisiera, dentro de los límites de la ECI invariable, claro está. Desde ese punto de vista se la podría calificar de adecuada para los intereses particulares de cada universidad.

Naciendo como una modificación de cada universidad se estaría ante una falsa estrategia bottom-up. Sí que partiría de abajo, pero lo que no sería seguro es que llegase a provocar la implicación de otras universidades y/o de la Administración. De hecho, esta situación es similar a lo que ha ocurrido en la universidad española en los últimos 15 años y que se ha visto en capítulos anteriores. Desde esa perspectiva, el tiempo nos ha demostrado que es poco adecuada para los intereses generales por su ineficacia.

Desde el interés del colectivo profesional, del resto de la sociedad, y de las distintas administraciones, creemos respondería a él perfectamente: se estarían expidiendo los mismos títulos, con las mismas atribuciones profesionales, ninguna confusión en ese sentido; los que se titularan a partir de ese momento habrían adquirido conocimientos en BIM que la industria y las administraciones les estarían demandando. Los profesionales ya titulados por su parte, no verían amenazado su estatus profesional. No más que en cualquier otra situación de avance tecnológico, etc., en la que se hayan encontrado con anterioridad y que haya requerido de ellos un reciclaje (por ejemplo, la incorporación de las TIC al ejercicio profesional, la



utilización de nuevos software, las tramitaciones administrativas telemáticas

exigidas ya para casi todas sus actuaciones profesionales, etc.). Sería totalmente adecuada.

Solo el hecho de que realmente sería una propuesta nacida desde un escalafón más alto que la asignatura, es decir, nacida desde la entidad responsable del título, contribuiría a favorecer la multidisciplinariedad de los planteamientos de trabajo, proyectos, aulas y talleres, la adquisición de las competencias transversales y específicas BIM, el trabajo colaborativo, la integración global de conocimientos, la vivencia del ciclo de vida del edificio, etc. Esto la haría adecuada para los nuevos egresados.

La Orden ECI/3855/2007 se modifica

En esta situación el Gobierno tomaría la iniciativa de modificar la Orden ECI. Podría tomar esa iniciativa por sí mismo o a instancias de la propia universidad a través del grupo de trabajo de la Comisión BIM del Ministerio.

Sea como fuere, la hipótesis consistiría en que el Gobierno podría, sin modificar la LOE que define las obligaciones y responsabilidades de los agentes del proceso edificatorio, sin modificar la Ley 12/1986 de atribuciones profesionales, sin modificar el CTE, y fuera el que fuera el destino final del actual ALSP, introducir las instrucciones necesarias en la Orden que forzasen a las universidades a hacer lo que en el apartado anterior se ha planteado que hiciesen a su voluntad y criterio.

Es decir, introducir las instrucciones necesarias en la Orden ECI que forzasen a las universidades a incluir en los PE contenidos BIM. Y no solo contenidos BIM, sino directrices para que las universidades, aun en su autonomía, diseñasen las programaciones y las metodologías docentes de sus PE incluyendo la forma de trabajo en entorno BIM como una competencia más.

Se trataría pues de una situación en un grado medio de ajuste a normativa.

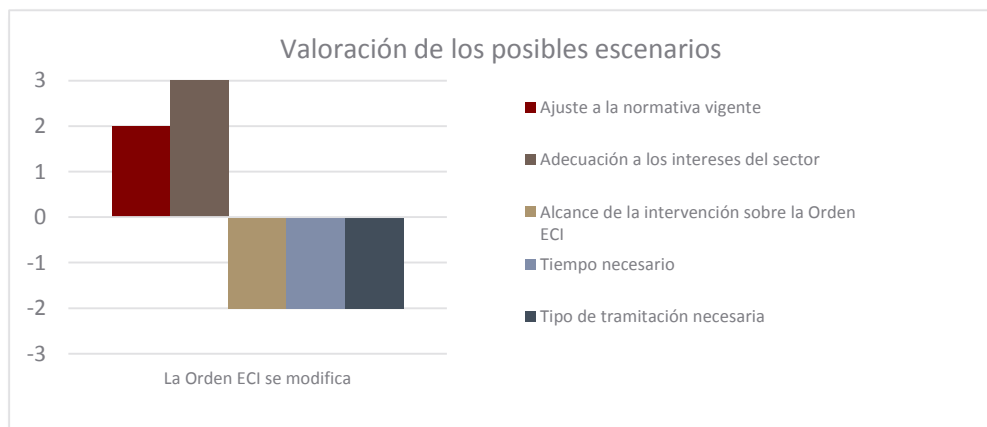
Podría pensarse que, siendo como es la Orden ECI una norma de menor rango que el RD 1393/2007, la modificación de los PE podría llegar a plantarse en este escenario nuevamente como una modificación, dependiente exclusivamente de la valoración y el informe favorable de la ANECA, y que cada universidad podría acometer en el momento más adecuado a sus intereses.

Sin embargo, eso no podría ser así: el hecho de haber necesitado modificar, aun mínimamente, la Orden ECI/3855/2007 actual, generaría una nueva. Según el RD 1393/2007 cualquier título habilitante para ejercer una profesión regulada por ley

debe verificarse según la Orden vigente. Eso obligaría a todas las universidades a iniciar el proceso de verificación de sus títulos. Además la nueva Orden ministerial, podría, incluso, marcar plazos para la adaptación de los títulos, con lo cual el ritmo sería también homogéneo en todas las universidades del país.

Esta circunstancia convertiría a la segunda en la situación más adecuada tanto para los futuros egresados como para el sector productivo que los espera y para los profesionales en activo. Lo sería por las mismas razones que se han expuesto para el escenario anterior. Pero además, en este caso, se garantizaría uniformidad en los criterios de diseño de los PE a partir de ese momento; la obligatoriedad de adaptación para todas las universidades provocaría la salida de egresados, no solo formados según las exigencias del sector, sino en número adecuado a las necesidades de aquel. Las universidades estarían en igualdad de condiciones a la hora de ofertar sus titulaciones.

Colateralmente el hecho de tener que pasar por un proceso completo de verificación del título prolongaría el tiempo necesario de tramitación (con respecto a la anterior, por ejemplo) y de implantación del PE resultante.



Se define un nuevo perfil de competencial

La tercera de las situaciones hipotéticas que nos planteamos sería que la universidad propusiese al Gobierno la definición de un nuevo perfil de técnico, de formación exclusivamente en competencias BIM, lo cual provocaría la aparición de nuevas competencias específicas y quizá nuevas competencias genéricas y transversales. Competencias que, por ley¹⁸⁸, la universidad debería garantizar a sus

¹⁸⁸ En la Introducción del RD 1393/2007.

egresados. Consecuentemente también la aparición de nuevos contenidos necesarios para poder dar esa garantía.

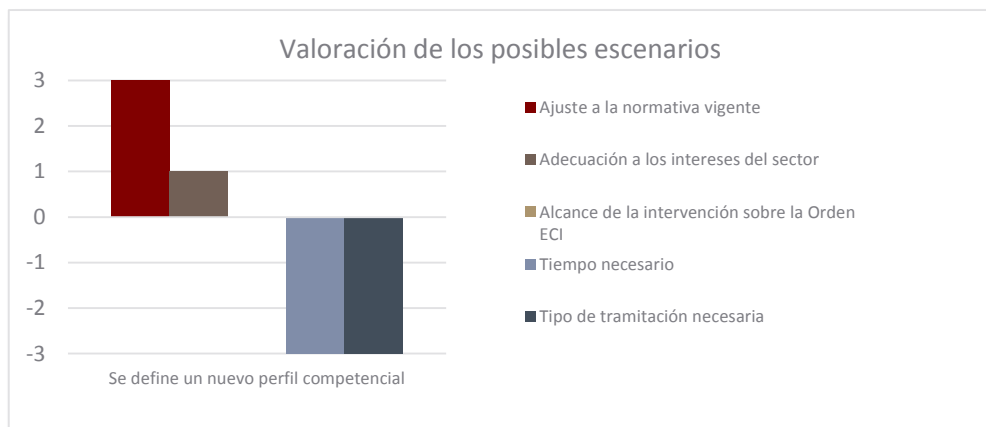
Estudiamos su adecuación o pertinencia. Se estaría ante una nueva titulación competencial, que no de habilitación profesional, esto es, una titulación sin atribuciones profesionales. Las universidades a partir de ese momento expedirían dos títulos paralelos: cualquiera de las titulaciones actuales AEC, con sus atribuciones profesionales vigentes, y un título de especialista en BIM con los conocimientos suficientes de AEC para poder serlo pero no mucho más. Esto provocaría una situación anómala en cualquiera de las profesiones del sector de la edificación, la arquitectura y la ingeniería civil. Lo vemos:

- El actual profesional, titulado profesional, sin formación BIM, debería recurrir al titulado en competencias BIM cuando la legislación le exigiese desempeñar sus funciones en ese entorno, cosa que en breve será generalizado.
- También se verían obligados a hacerlo los futuros egresados de cualquiera de las cuatro titulaciones españolas AEC, ya que la universidad en este hipotético escenario no tendría intención de formarles en BIM. Estas dos circunstancias parece que asegurarían el futuro laboral de los egresados de este nuevo título.
- Por otro lado, cualquier empresa del sector de la construcción necesitaría de la concurrencia de dos técnicos, el técnico AEC que cubriese las obligaciones y las responsabilidades que le corresponden por sus atribuciones legales, y el “técnico BIM”, que haría posible llevar adelante en entorno BIM cualquier gran proyecto de momento, y un proyecto de cualquier tipo a medio plazo, tal y como va a requerir la normativa europea.

Este escenario no parece adecuarse demasiado a las necesidades del sector en general y mucho menos a los intereses de la industria, que al fin y al cabo es el que debe velar por la optimización de los recursos de los procesos en cumplimiento de la EUPPD. Sería más que previsible que el primer rechazo a la creación de este título viniera del sector empresarial y que este sector forzase a la Administración a legislar en otra dirección. Para los egresados en la nueva titulación el grado de adecuación se presumiría alto a corto plazo porque daría respuesta a la demanda del mercado de técnicos formados. Sin embargo, a medio plazo la industria acabaría optando por contratar técnicos AEC que se hubiesen formado en BIM paralelamente al

grado o en cursos de posgrado, capaces de cubrir así las dos vertientes de sus demandas.

Con respecto a su ajuste a la legislación actual, decir que es totalmente compatible. De hecho no supondría ninguna modificación legal. Únicamente la redacción de un Libro Blanco de la nueva titulación; que la universidad que desease expedir ese título presentase la correspondiente memoria de verificación; y a partir de ahí se iniciaría el proceso habitual. Todo dentro del actual marco normativo pero suponiendo la creación de un nuevo título, por tanto se convertiría en la tramitación más larga.



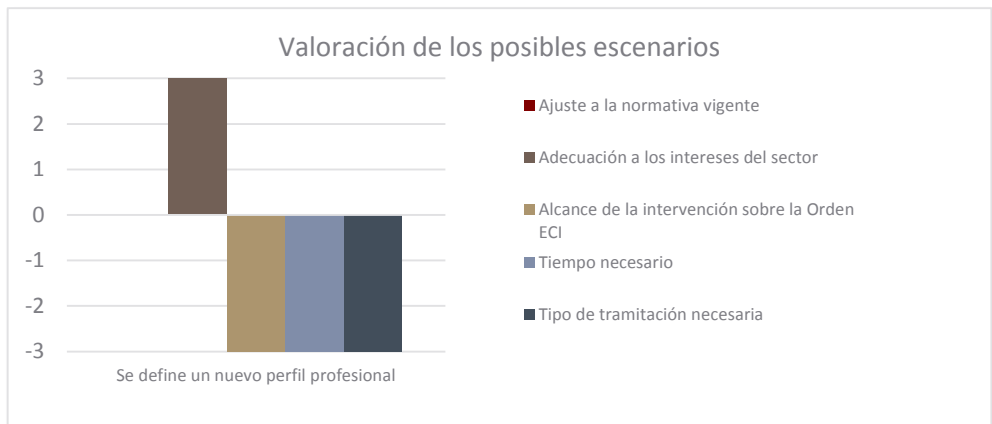
Se define un nuevo perfil de profesional

Llegados a este punto del discurso, estimamos que podría darse un cuarto escenario que supusiese también la definición de un nuevo perfil técnico pero con otro alcance.

Nos referimos a la modificación de las competencias actuales del arquitecto técnico, por ejemplo, con contenidos de metodología BIM, hasta tal punto que todo ello supusiese la aparición de nuevas e hipotéticas atribuciones profesionales. Es decir, que supusiese definir de nuevo el perfil profesional de lo que hasta ahora ha sido la figura del arquitecto técnico o de cualquiera de las profesiones AEC. Tanto los pasos para la tramitación del PE, como los plazos necesarios para ello son los mismos que los que requería el escenario anterior (redacción de un Libro Blanco y diseño y verificación de un título totalmente nuevo).

Queda claro desde el principio que el ajuste a la normativa actual sería nulo ya que debería modificarse la definición del técnico en cuestión en la LOE, sus atribuciones en la Ley 12/1986, y a partir de ahí el resto de documentos normativos.

Desde el punto de vista académico podría calificarse como la más adecuada.



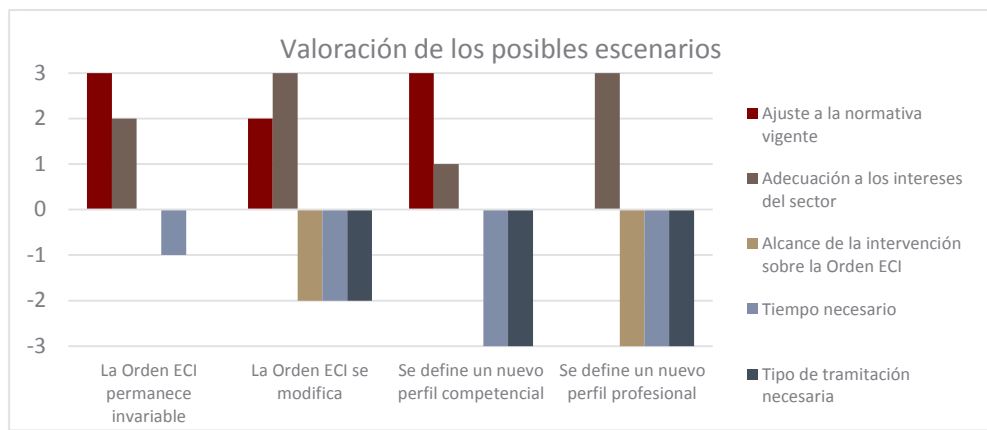
No podría decirse lo mismo visto desde la perspectiva del colectivo profesional. La aprobación de un nuevo PE dejaría a los profesionales con un título obsoleto en sus atribuciones que requeriría de un proceso de adaptación no previsto en la ley y que habría que diseñar. En esta hipotética situación, serían los colectivos profesionales, los colegios, los que manifestarían su rechazo y ejercerían la presión sobre la Administración Estatal para que pusiese freno a tales propósitos. No parece ser lo más adecuado. Se estaría con toda seguridad ante un escenario fuera de cualquier consenso y de cualquier ajuste a la normativa.

La gráfica final recoge agrupados los resultados de las cinco categorías. Estos resultados permitirán realizar posteriormente una comparativa entre ellos que apoye la argumentación que debemos hacer a la hora de elegir uno de los escenarios como el más viable.

Pero para ello hemos de seguir analizando una cuestión de fondo en cada uno de ellos: qué es lo que supone la adquisición de competencias BIM.

Se puede avanzar ya aquí que estas dos últimas opciones, que de una forma u otra suponen la aparición de un nuevo perfil técnico, no van a constituir la base de la propuesta que se dará en esta tesis. Y no porque se quieran evitar las reacciones descritas en el colectivo empresarial y/o el profesional según el caso, sino desde el convencimiento de que, con la oposición de dos sectores con tanta fuerza como

estos, ninguna de las dos propuestas tendría a día de hoy trayectoria alguna. En cualquier caso esta decisión se argumentará convenientemente en su momento.



9.2.2. La adecuación de las competencias

Para los titulados arquitectos técnicos su actividad profesional está regulada por ley de tal manera que sus atribuciones profesionales son claras y concretas.

Pero eso no significa, necesariamente, que el perfil competencial de los arquitectos técnicos se mantenga invariable en el tiempo independientemente de las condiciones sociales, económicas y laborales, por ejemplo, que se vayan dando. El técnico demandado, desde el punto de vista de las atribuciones es el mismo, pero algunas competencias, es decir, algunas de las cosas que se espera que sepa, entienda y demuestre, van a cambiar en función de la coyuntura en cada momento y así, la demanda de los empleadores será más específica.

Pongamos un ejemplo: si una empresa promotora necesitase un técnico para dirigir la ejecución de una obra de edificación demandaría a un titulado que pudiese asumir esa atribución profesional, esto es, un arquitecto técnico; exclusivamente por el hecho de poseer el título puede hacerlo. Ahora bien, si en la empresa, desde hace varias décadas, la programación y el control de costes de la obra se realiza con una determinada herramienta informática, completamente implantada en su organización y en su forma de trabajo, a ese arquitecto técnico se le exigirá que, para incorporarse al equipo de trabajo, sea competente en la utilización de dicha herramienta. Si además se da la circunstancia, muy frecuente en la actualidad, de que el despacho que firma el proyecto es extranjero, quizá porque la obra también

lo va a ser, el técnico deberá ser capaz, competente, para comunicarse con los autores del proyecto en una lengua que las dos partes conozcan.

Estamos hablando pues de un mismo profesional, capacitado para hacer sus funciones como tal, pero en unas condiciones particulares. Y lo podrá hacer porque de una forma u otra, al margen de su titulación y formación inicial, ha adquirido esas competencias.

Que las empresas han incorporado a sus estructuras productivas las TIC como herramientas de trabajo es algo incuestionable. Los técnicos titulados han ido formándose y por tanto adquiriendo competencias en el uso de las mismas. En algún momento, conscientes de ello, los planes de estudio, o el propio diseño de las asignaturas, las han ido incluyendo de forma natural pero voluntaria, para que sus egresados sean también competentes en su uso.

Sin embargo, si tomamos la cuestión de la formación en idiomas extranjeros, en el seno de la Unión Europea, y así se manifiesta en los fundamentos del EEES, no se concibe titular a un estudiante universitario sin que haya alcanzado un determinado nivel competencial en el uso de una lengua extranjera que le facilite la movilidad dentro de la Unión. En este caso, la inclusión de créditos de formación en idiomas podría decirse que ha venido aconsejada, si no obligada, por los acuerdos y responsabilidades que sobre educación superior asumieron los estados miembros de la Unión.

En 2005 se definió un perfil profesional, dentro de las atribuciones que la profesión tiene asignadas por ley. Se tuvo en cuenta lo que demandaban los empleadores entonces. Se atendió a las actividades y funciones que los profesionales en activo en aquellos años manifestaron que desempeñaban con mayor frecuencia. Y también al modo en que lo hacían.

Haciendo un resumen muy breve, el nuevo perfil definido en el Libro Blanco, mantenía en esencia la estructura del anterior, recogía algunas carencias particulares como la capacidad de iniciativa empresarial, respondía a los dictados de Bolonia sobre todo en lo que a competencias genéricas se refiere, y añadía algunas competencias relacionadas con cuestiones de actualidad que no se habían recogido en el Plan del 99, como la sostenibilidad, la eficiencia energética, los residuos de la construcción, etc. Y todo eso se hizo pensando en unos estudiantes que iban a salir, supuestamente, a un mercado laboral en el que tenían prácticamente asegurado su trabajo.

Aquel perfil profesional derivó en unas competencias cuya adquisición se encargarían de garantizar los correspondientes PE del Grado en Ingeniería de Edificación de cada universidad, y que son los que están actualmente vigentes, cada uno con su denominación.

Pero en la actualidad esa coyuntura es diametralmente distinta. Aquel perfil profesional respondía a un técnico con trabajo asegurado en prácticamente cualquiera de sus atribuciones profesionales en nuestro país. Se trataba de un técnico que no necesitaba asegurarse su competencia en Europa. Tampoco existía una normativa europea en materia de gestión de proyectos, contratación de obras o regulación de atribuciones profesionales que hubiese que tener cuenta.

Actualmente, y aunque hay datos que indican que se está saliendo de la crisis, hay también opiniones que matizan esto. Desde el FMI opinan que España crecerá en 2020 solo la mitad de lo que crecía antes de ella.

En esta situación los profesionales de la arquitectura técnica han perdido trabajo, capacidad económica e incluso competitividad por el hecho de haberse tenido que distanciar incluso del sector de la construcción para buscar ingresos. Otros, por el contrario, han encontrado en el entorno de la crisis un espacio-tiempo para formarse en otras competencias (Gil Gil 2015) que les han abierto nuevas puertas al mercado laboral y a su realización como profesionales.

Por otro lado, y como hemos analizado en capítulos anteriores, el marco legal en el que España, como miembro de la Unión Europea, está inmerso tiene dos puntos críticos que inciden directamente en el panorama profesional de los técnicos españoles AEC en general y en igual grado:

- En un futuro próximo, 2018, está previsto, por el compromiso de Gobierno Español a través del Ministerio de Fomento, el uso obligatorio de BIM en las licitaciones de obras de edificación financiadas con fondos públicos. Es algo que deriva de la directiva EUPPD sobre contratación pública.
- El ejercicio profesional por atribuciones está mutando hacia el ejercicio profesional por competencias dentro de un entorno de trabajo necesariamente colaborativo multidisciplinar y/o interdisciplinar, y con una concepción de asunción de responsabilidades distinta de la actual. Se trata de una situación que supone la normalidad en el resto de Europa, pero que en España constituiría la “tan polémica” liberalización de los servicios profesionales, y que ya tiene su punto de partida en el ALSP, actualmente parado.

El objetivo de Europa con estas iniciativas legales es la reducción de costes, no siempre ni necesariamente del gasto, porque primará la calidad, la eficacia y/o la eficiencia de los procesos según el caso. Pretende que los proyectos sean el resultado de la integración de conocimientos, de habilidades y actitudes. Que las técnicas de trabajo faciliten la accesibilidad a la información de los procesos y la igualdad de oportunidades para acceder ella. Es decir, Europa está marcando a sus estados que cambien la forma de enfocar la gestión de los proyectos, y está fundamentando el cambio en la metodología BIM.

La coyuntura es claramente distinta a la que existía cuando se diseñaron los actuales PE. La pregunta es pues, si los técnicos que salen actualmente de la universidad formados con un plan diseñado para la realidad pre-crisis están capacitados, son competentes, para afrontar esos nuevos retos. Y lo más importante, si son competitivos. No lo serán si no se forman en esas nuevas competencias, en las competencias demandadas por los empleadores y exigidas por la legislación ahora y a partir de ahora.

Como se decía al inicio del apartado anterior, la valoración final de los cuatro escenarios se ha de hacer en función de la supuesta incidencia que la introducción de competencias y metodologías de trabajo BIM en los PE pudiera tener, tanto en las competencias a garantizar por los títulos, como la que podría tener en las atribuciones profesionales del título resultante en cada caso.

El hecho de que en el apartado anterior se haya valorado la pertinencia o adecuación de todos ellos a los intereses académicos, profesionales, de la empresa y/o de la administración, no significa que los cuatro escenarios sean posibles.

Se ve necesario pues:

1. Definir cuáles son esas competencias BIM que, además de las que ya están presentes en la memoria de verificación del título correspondiente, debería poseer un arquitecto técnico actualmente para ser competente y competitivo en este panorama real a medio plazo.
2. Determinar si esas competencias que BIM exige al técnico AEC están ya están integradas en las actuales; si son nuevas y complementarias a las actuales; o por el contrario, si son nuevas y las sustituyen. Es decir, constatar hasta qué punto la integración de BIM modifica a las competencias de los PE tal y como los conocemos ahora.

3. Comprobar, en última instancia, si la introducción de contenidos y competencias BIM en su caso, aportan nuevas atribuciones al perfil profesional actual o incluso dan lugar a uno nuevo.

Objetivos, competencias y resultados del aprendizaje. Criterio de la ANECA

Se ha visto en un apartado anterior que el uso que de los términos competencias, objetivos, resultados de aprendizaje y sus clasificaciones, se está haciendo por parte de la universidad española, e incluso en la legislación relativa a los estudios superiores, no es del todo correcta desde el punto de vista de la pedagogía.

La ANECA (2013) *“no pretende indicar a las Universidades que en las memorias para la verificación de Títulos oficiales se debe utilizar una forma de presentación concreta”*. Sí que aconseja, sin embargo, que se deje suficientemente claro cuáles son los resultados del aprendizaje y que se definan correctamente para facilitar la verificación en caso de modificación o acreditación de los títulos.

Creemos que en una tesis de este tipo, en el que se está planteando una propuesta para la posible modificación de un PE, si no para la verificación de uno nuevo, en cualquiera de los dos casos se deben seguir las recomendaciones de la ANECA en cuanto a definir correctamente los conceptos, pero también en cuanto a denominarlos siguiendo los criterios de la propia ANECA.¹⁸⁹

Para aclarar todo esto, se ha confeccionado la Tabla 19 en la que se especifican las diferentes formas en las que cada uno de los documentos legales que tienen relación con el tema denomina a estos conceptos. Se indica qué documento introduce y define cada uno de estos conceptos, cómo se les denomina allí, cual es la denominación recomendada por la ANECA y finalmente cual es la que se le va a dar en esta tesis a partir de ahora. Todo esto se ha ordenado según la secuencia temporal recomendada asimismo por la agencia para la adecuada definición de un título universitario.

CONCEPTOS	Documento legislativo que lo fija	Denominación según normativa	Denominación ANECA	Denominación adoptada en esta tesis
Actividad profesional	Ley 12/1986	Atribuciones profesionales	Atribuciones profesionales	Atribuciones profesionales
Grados MECES	RD 1393/2007	Competencias básicas	-	Competencias básicas

¹⁸⁹ Consultar las recomendaciones que al respecto se dan en el punto *Definición de resultados del aprendizaje* del apartado 9.1.3 *El entorno del cambio: el EEES y sus implicaciones* del presente capítulo.



CONCEPTOS	Documento legislativo que lo fija	Denominación según normativa	Denominación ANECA	Denominación adoptada en esta tesis
Título	Orden ECI Anexo. Apartado 3	Objetivos/ Competencias Generales	Resultados del aprendizaje de Título (RDAT)	RDAT
Módulos	Orden ECI Anexo. Cuadro	Competencias Específicas	Resultados del aprendizaje de los Módulos (RDAM)	RDAM
Materias /asignaturas	Memoria de verificación del título	C. Básicas C. Generales C. Específicas C. Transversales ¹⁹⁰	Resultados del aprendizaje de las asignaturas (RDAAT)	RDAAT

Tabla 19. Recomendaciones de la ANECA para la denominación de las competencias. 2015. Elaboración propia

Adecuación de los objetivos del título (RDAT) para la integración de BIM

Un graduado en Arquitectura Técnica necesita conocer cómo funciona la industria de la construcción, las principales funciones y disciplinas que participan en la elaboración de los proyectos y en la ejecución de las obras, llegando a ser capaz de identificar la naturaleza y el papel de los diferentes agentes o actores.

Pero en este momento, cuando la integración de BIM en el sector de la construcción es un hecho sin marcha atrás, el egresado necesita conocer el futuro del sector, el sector en el que él, presumiblemente, desarrollará su actividad profesional, pero también el pasado (ahora presente todavía) de ese sector. Y por dos razones.

En primer lugar, porque conociendo de dónde se viene y los problemas intrínsecos del modelo productivo tradicional, podrá responderse a la pregunta que indirectamente le plantea la directiva EUPPD al respecto de la necesidad de disminuir el gasto, aumentar la eficacia de los recursos y la eficiencia de los procesos. Es decir, llegará a comprender por qué la directiva aboga por el cambio a la metodología BIM.

Y en segundo lugar, porque solo desde el conocimiento profundo del nuevo modelo productivo basado en entornos BIM podrá transmitir su convencimiento del mismo al propio sector de la construcción. No hay que dejar de lado el hecho de que la

¹⁹⁰ Las competencias transversales lo son de cada universidad. No todos los PE las incluyen. En el Anexo 4 se enumeran las que la UPV ha elaborado recientemente para sus titulaciones de cara a las próximas renovaciones de acreditaciones de sus títulos.

implementación de BIM tiene un calendario claro para obras de infraestructura y edificación financiadas con fondos públicos, pero no todavía para el resto de obras. Esto hace suponer que al modelo tradicional todavía le queda trayectoria. El egresado, pues, debe ser capaz de trabajar en aquellas condiciones pero, al mismo tiempo, debe promover el nuevo modelo. Y lo debe hacer desde el convencimiento y la plena apreciación de este.

Asimismo debe desarrollar el conocimiento y la comprensión del papel de BIM como conductor de negocios, y lo fundamental del trabajo colaborativo dentro de una cadena de suministro integrada cuyo objetivo es la eficiencia de los recursos y la eficacia de las acciones. Debe conocer, y después integrar en la cadena de producción, las funciones y responsabilidades de cada uno de los agentes y actores dentro del enfoque BIM, así como las relaciones contractuales que se producirán. Para ello, debe tener conocimiento de la normativa que específicamente regule los procesos en ese entorno.

Debe ser capaz de investigar y articular el valor de la propuesta BIM desde la perspectiva de cada parte, integrando los conceptos de ciclo de vida y su coste en los proyectos edificatorios. Y debe hacerlo porque sabemos que la EUPPD exige que desde el diseño se tenga en cuenta la vida completa del edificio. Y que el coste de esa vida con todo lo que supone, se incluya en el coste del proyecto y eso favorezca la eficiencia y eficacia de los recursos invertidos. Debe conocer el impacto de BIM en esos dos conceptos: cómo la metodología BIM es el medio que permite gestionar el edificio a lo largo de toda su vida y cómo permite la intervención de todos los actores interesados en ello.

Con todo esto, el alumno debe ir adquiriendo conciencia y aprecio pleno del impacto cultural y organizativo que supone, tanto para las personas como para el resultado práctico del propio proceso, la adopción de BIM.

En esta línea está también el ser consciente de lo que se necesita en la práctica para la aplicación de BIM: comprender plenamente las tecnologías disponibles, los medios necesarios para el intercambio de datos, las normas y protocolos, las estrategias de implantación en las organizaciones empresariales y productivas, y los recursos económicos, intelectuales y humanos necesarios para hacer uso de ellas.

Debe tomar plena conciencia de que la transición plena a BIM, tal y como se exigirá en breve para los proyectos públicos, será posible solo por medio de las nuevas formas de trabajar en equipos multidisciplinares, de los proyectos integrados y de los entornos de trabajo colaborativo.

Desde este planteamiento del nuevo paradigma y con estos objetivos para la formación de los futuros egresados, nos encontramos en condiciones de enumerar lo que el estudiante del Grado en Arquitectura técnica ha de saber, entender y, finalmente, ser capaz de demostrar sobre BIM a nivel de objetivos del título. Es aquello a lo que la Orden ECI denomina *Competencias que los estudiantes deben adquirir* en su Apartado 3. Objetivos del Anexo.

Con ello, nuestra propuesta de redacción de los resultados de aprendizaje del Título de Grado en Arquitectura Técnica es la siguiente:

- 1. Dirigir la ejecución material de las obras de edificación, de sus instalaciones y elementos, llevando a cabo el control cualitativo y cuantitativo de lo construido mediante el establecimiento y gestión de los planes de control de materiales, sistemas y ejecución de obra, elaborando los correspondientes registros para su incorporación al Libro del Edificio. Llevar el control económico de la obra elaborando las certificaciones y la liquidación de la obra ejecutada.*
- 2. Redactar estudios y planes de seguridad y salud laboral y coordinar la actividad de las empresas en materia de seguridad y salud laboral en obras de construcción, tanto en fase de proyecto como de ejecución.*
- 3. Llevar a cabo actividades técnicas de cálculo, mediciones, valoraciones, tasaciones y estudios de viabilidad económica; realizar peritaciones, inspecciones, análisis de patología y otros análogos y redactar los informes, dictámenes y documentos técnicos correspondientes; efectuar levantamientos de planos en solares y edificios.*
- 4. Elaborar los proyectos técnicos y desempeñar la dirección de obras de edificación en el ámbito de su habilitación legal.*
- 5. Gestionar las nuevas tecnologías edificatorias y participar en los procesos de gestión de la calidad en la edificación; realizar análisis, evaluaciones y certificaciones de eficiencia energética así como estudios de sostenibilidad en los edificios.*
- 6. Dirigir y gestionar el uso, conservación y mantenimiento de los edificios, redactando los documentos técnicos necesarios. Elaborar estudios del ciclo de vida útil de los materiales, sistemas*

constructivos y edificios. Gestionar el tratamiento de los residuos de demolición y de la construcción.

7. Asesorar técnicamente en los procesos de fabricación de materiales y elementos utilizados en la construcción de edificios.

8. Gestionar el proceso inmobiliario en su conjunto. Ostentar la representación técnica de las empresas constructoras en las obras de edificación.

9. Aplicar la metodología colaborativa BIM en todos los objetivos anteriores, los flujos de trabajo y de información que exige y genera, así como las herramientas tecnológicas que lo hacen posible, en las fases de proyecto, ejecución de la obra, mantenimiento y explotación del edificio, demolición y gestión de los residuos de la misma, esto es, a lo largo del ciclo completo de la vida del edificio, dentro de la normativa europea y estatal relativa a la gestión de proyectos en entorno BIM.

La inclusión de este punto 9 en la lista de los RDAT no tiene sentido sin la pertinente explicación en la introducción o exposición de motivos de la Orden ECI.

Adecuación de las competencias específicas (RDAM) para la integración de BIM

Una vez definidos los RDAT, el siguiente paso es definir los resultados del aprendizaje de los módulos (competencias específicas). Módulos en los que el RD 1393/2007 aconseja estructurar los PE para su adecuada definición.

Cada módulo será dividido en materias y/o asignaturas en la fase de diseño del PE que cada universidad hará de su propio título.

En la fase de estructuración en módulos, el RD establece una división elemental de los mismos en función de su carácter. Así requiere que los módulos, que sumarán un total de 240 créditos, se separen en:

- De formación básica
- Obligatorios
- Optativos
- Prácticas externas
- Trabajo final de Grado

Para todas las fases de diseño de un título, el RD establece que se especifique de cada uno de ellos lo siguiente:

- Denominación
- Competencias que adquiere el estudiante (RDA)
- Breve descripción de sus contenidos
- Actividades formativas (créditos, metodología)
- Sistema de evaluación

El paso de los RDAT a los RDAM se realizan, para el título de Grado en Arquitectura Técnica, en la Orden ECI 3588/2007. La orden se centra únicamente en los RDA para el módulo de formación básica (con 60 créditos), parte de las materias obligatorias (un mínimo de 108 créditos), y para el de trabajo final de grado (12 créditos). Deja el resto de las materias obligatorias, las optativas y las prácticas de empresa para que los defina cada universidad en la siguiente fase.

Así, los 8 RDAT previstos se desglosan en la orden ECI en 8 RDA correspondientes a 6 materias de formación básica, y a 32 RDA correspondientes a 6 materias obligatorias. El último RDA descrito es el correspondiente al módulo Trabajo Final de Grado¹⁹¹.

Si nos atenemos a los criterios y recomendaciones de la ANECA, un total de 41 RDA serían excesivos, y además no se han redactado en absoluto según los criterios de estructura que la agencia indica como adecuados¹⁹². Y por supuesto nuestra propuesta va a añadir algunos más.

A pesar de ello, para nuestros propósitos, la propuesta de RDA que se va a hacer aquí va a intentar adecuarse a la estructura de la presentada en la ECI, de tal manera que nos permita comparar en igualdad de condiciones el original con la propuesta. No hemos de olvidar que estamos intentando descubrir la incidencia que tendría en la orden ECI vigente la integración de RDA BIM para determinar cuáles de los cuatro escenarios descritos pueden darse realmente, y valorar la efectividad de todo ellos.

Así, los resultados de aprendizaje de los módulos en que se estructura el Título de Grado en Arquitectura Técnica relacionados con la metodología BIM y que son el

¹⁹¹ Se puede consultar el cuadro de la Orden ECI en el Anexo 3 de esta tesis.

¹⁹² Recordemos que la redacción de los RDA debería ajustarse a la estructura siguiente: *verbo que expresa una acción + contenido u objeto sobre el que el estudiante tiene que actuar + contexto o condiciones en las que se producirá la ejecución*. Se deben utilizar verbos que permitan anticipar actividades formativas y sistemas de evaluación. Además, debe poder ser la continuación de la expresión *“El estudiante que finalice este módulo debe ser capaz de...”*.

resultado de la integración del RDAT numerado como 9 deberían ser, a nuestro criterio:

Hacer una revisión crítica de las características del modelo productivo tradicional en construcción con el fin de identificar la oportunidad que supone integrar la metodología BIM en la gestión de procesos constructivos.

Tener una visión completa de los fundamentos de la metodología BIM en la gestión integral de proyectos en cuanto a flujos de trabajo, trabajo colaborativo, gestión de la información, y gestión del ciclo completo de la vida del edificio.

Interpretar los contenidos del marco normativo internacional, europeo y estatal para el desarrollo y la gestión de proyectos edificatorios en BIM.

Utilizar las herramientas BIM de modelado, análisis, cálculo y simulación que se requieran en cada fase del proyecto edificatorio, incluyendo la creación de componentes y elementos BIM personalizados.

Aplicar los formatos de intercambio de información entre sistemas BIM interoperables; las normas y reglas para la estandarización del trabajo; y los sistemas/plataformas de gestión de la comunicación e intercambio de información, en un entorno de trabajo multidisciplinar y colaborativo.

Crear, manejar, mantener y gestionar bases de datos paramétricas para ser utilizadas dentro de las herramientas BIM de modelado.

Integrar las herramientas BIM de modelado arquitectónico, estructural y de instalaciones; las herramientas BIM 4D de organización, programación y control de obras; las herramientas BIM 5D de gestión presupuestaria del proyecto edificatorio; y las herramientas BIM 6D de análisis y mejora del rendimiento energético y sostenibilidad medioambiental del proyecto edificatorio, en las fases correspondientes del proceso.

Integrar las herramientas BIM de modelado, cálculo, simulación, análisis y gestión en los procesos de mantenimiento, conservación y explotación económica de los activos inmobiliarios.

Generar documentación gráfica, de especificaciones técnicas, presupuestarias y normativas de un proyecto técnico, así como la documentación para la gestión de activos inmobiliarios, mantenimiento y explotación de edificios construidos, a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM para cada fase del proceso.

Si se analizan con detenimiento cada uno de los resultados de aprendizaje que se propone incluir en la actual lista ECI, comprobamos lo siguiente:

- Para poder llevarlos adelante es necesario, en primer lugar, la introducción de contenidos nuevos en lo que después deberían ser las materias. Se trata de contenidos teóricos. Serán, por ejemplo, los relacionados con la normativa, que es específica de BIM pero que afecta directamente al sector de la construcción y a su gestión. También supondrá la introducción de conceptos propios de la metodología BIM y de sus fundamentos.
- Por otra parte, aparecen otros contenidos nuevos relacionados con la utilización de la tecnología BIM. Son, en este caso, contenidos de carácter práctico. Pero por el hecho de conocer, dominar y aplicar esta tecnología en los procesos de gestión de proyecto, o en la fase específica en la que un técnico se especialice, no le va a conferir atribución profesional nueva alguna.
- Por último, restan un grupo de RDA que tienen que ver con los procesos de gestión, y por tanto, con la metodología de trabajo que ya se indicaba en el RDAT que se introdujo en el punto anterior. Son RDA que integran conocimientos, aplicación de tecnología y que suponen la adopción de metodologías de trabajo directamente ligadas con la metodología BIM. Los fundamentos básicos de esta metodología son el trabajo colaborativo y cooperativo, la multidisciplinariedad, la integración de conocimientos, el flujo de la información y la concepción del proyecto como un todo de conocimiento integrado. Se trata de cuestiones a trabajar con metodologías adecuadas previstas en todos los casos en los requisitos que para la implantación del EEES marcaba Bolonia. Y por ende, recogidos también en las “competencias básicas” del MECES y en las competencias transversales que exigen casi todas las universidades¹⁹³.

¹⁹³ Esta circunstancia se puede comprobar para las competencias transversales de la UPV en el Anexo 4.

- Ni en particular ni en su conjunto, los RDAM que se proponen alterar las atribuciones profesionales ni incluyen ninguna nueva, es decir, no incide en lo estipulado en la Ley 12/1986¹⁹⁴.
- Al introducir la metodología de trabajo BIM lo que está haciendo es incluir un conjunto de competencias que se centran en formar al estudiante en las mismas competencias que tenía hasta el momento y que le permitirán trabajar en las mismas condiciones que lo hacen en la actualidad sus compañeros titulados. Pero que le van a dar la oportunidad de poder adaptarse a esta nueva metodología cuando lo demanden los empleadores, y más importante, cuando a corto o medio plazo le sea exigido por ley.

En otro orden de cosas, si se compara la redacción, el alcance, la profundidad y el detalle de lo que la Orden ECI denomina “competencias que deben adquirirse” y lo aquí se han denominado RDAM, se detectan importantes diferencias. No nos detendremos en la redacción, cuestión fácilmente subsanable, pero sí que nos parece necesario valorar el detalle con el que la Orden redacta sus competencias y el alcance que llegan a tener.

Según los criterios y recomendaciones de la ANECA, cualquier título que pretendiese su acreditación y/o modificación debería adecuar estas competencias, tanto en número como en contenido y detalle, exactamente al nivel en que se encuentren. Es decir, ir profundizando en ese detalle y concreción según se trate de redactar los objetivos de un título, de un módulo, materia, asignatura o, en última instancia, una actividad formativa.

Al igual que en el caso de los objetivos del título, entendemos que estas matizaciones serían las que junto con la justificación pertinente, deberían aparecer en la exposición de motivos de la Orden, en el caso de modificación de la misma.

9.2.3. Definición del escenario propuesto. Justificación

No es hasta ahora, que se han definido los RDA que se espera que un egresado alcance al final de su formación de grado, cuando podemos considerar la cuestión de la posibilidad/viabilidad en el análisis de los cuatro escenarios.

¹⁹⁴ Se detallaron las atribuciones profesionales del arquitecto técnico en el apartado 2.5 del Capítulo 2 de esta tesis.

Se está en este momento en condiciones de volver sobre el análisis de los cuatro escenarios propuestos en el apartado 9.2.1 para determinar finalmente cuál es el escenario de actuación que se propone.

Justificación de la no aceptación de la propuesta “Se define un nuevo perfil de competencial”

A la pregunta de si las competencias BIM lo son en tanto poder constituir un título competencial exclusivamente centrado en esa metodología, la respuesta es que podrían llegar a serlo, sin atribuciones profesionales, como tantos otros títulos existen.

Adquirirían competencias y conocimientos sobre los fundamentos de la metodología BIM, el uso de herramientas, legislación, responsabilidades de los agentes, generación y gestión de la documentación para la gestión de proyectos, estándares, flujos de trabajo, organización de personas y de recursos, etc. En resumen, se podría estar definiendo desde un Modelador BIM, con conocimientos exclusivamente de manejo de herramientas de modelado y que se ajustaría más a un nivel MECES de formación profesional; o se estaría definiendo a un BIM Manager en fase de proyecto, experto en gestión de proyectos pero con los conocimientos AEC estrictamente justos para poder aplicar su dominio de la metodología BIM a un proyecto de construcción. En ningún caso capaz de tomar decisiones relativas a la propia construcción.

Pero el quid de la cuestión es que la directiva EUPPD no habla de BIM como una herramienta. Habla de BIM como una forma de hacer, de pensar, de actuar, de gestionar. La directiva plantea unos objetivos de ahorro de recursos, eficiencia del gasto, accesibilidad a la información, igualdad de oportunidades, que solo desde el punto de vista técnico, es decir, solo con innovaciones o cambios de tecnología, no se puede conseguir. Se necesita migrar a otra metodología global.

BIM no tiene sentido fuera de AEC. BIM no se puede aprender fuera de AEC porque en ese caso se reduciría al uso de una herramienta BIM de diseño y de producción de documentación gráfica, asimilable a la delineación con CAD. En el ámbito de los ciclos formativos por ejemplo, un técnico formado en herramientas BIM exclusivamente y con los conocimientos básicos de construcción para poder “entender” mínimamente BIM, se limitaría a ser un modelador BIM.

En el caso de las enseñanzas universitarias, el titulado formado en metodologías BIM exclusivamente se limitaría a ser gestor de procesos, y estaría en la necesidad

de recurrir a otros técnicos AEC que aportasen los conocimientos de construcción necesarios y asumiesen las responsabilidades legales (civiles o penales) que se derivasen de su actividad profesional. Sería siempre complementario a estos.

En realidad esta situación ya se ha dado en la universidad española. Uno de los problemas que los docentes encontraban para la integración de BIM en los grados era que el alumno necesitaba de conocimientos de las disciplinas tradicionales de construcción para asimilar contenidos BIM a un nivel superior que el mero manejo de herramientas de modelado, y necesitaba poseer un determinado grado de madurez en el conocimiento y comprensión de los procesos de construcción para convencerse de las bondades de BIM como metodología de trabajo. Por esa razón, muchas universidades, como la UPC y la UPM, priorizaron la formación en BIM en los cursos de posgrado, a los que llegaban los alumnos con el conocimiento de construcción suficiente para asimilar BIM. Pero como se dijo en su momento, este no es el modelo de formación integradora de conocimientos que se persigue, sino más bien una formación sumativa, por adición de conocimientos a lo largo de las distintas etapas de la formación universitaria (grado+posgrado). Etapas que no todos los estudiantes acometen (el posgrado concretamente). Consecuentemente no garantiza la formación básica y uniforme para todos los titulados que el futuro va a requerir de ellos.

En resumen, el escenario es posible, pero supondría la coexistencia de la figura AEC y la del, llamémosle “ingeniero BIM”, con el coste añadido a los procesos que eso supondría. Es por ello que pensamos que, de darse esta situación, el propio sistema (la empresa concretamente) le pondría solución priorizando la contratación de técnicos AEC formados además en BIM. Estos le proporcionarían al sistema los conocimientos BIM + habilidades BIM + conocimientos AEC + atribuciones AEC + asunción de responsabilidades AEC. Mayor efectividad en definitiva.

Por otro lado podríamos añadir que el hecho de que en Europa no exista esta figura en los grados apoya nuestra tesis.

Se puede concluir pues diciendo que la eficacia de la propuesta sería muy baja para el sector. Y que todo parece indicar, hasta aquí, que la figura ha de ser la de un técnico AEC formado en BIM.

Justificación de la no aceptación de la propuesta “Se define un nuevo perfil de profesional”

La siguiente pregunta que se debe contestar es si realmente BIM otorga en sí mismo atribuciones profesionales nuevas al profesional de la arquitectura técnica (o a cualquier otro técnico AEC) que nos llevase a plantearnos este cambio disruptivo en la profesión.

Hemos visto en el apartado 9.2.2 que no es así. Que definidos los resultados del aprendizaje para el título de Grado en Arquitectura Técnica, es decir, definido lo que en relación a la integración de la metodología BIM en los estudios de grado, se espera que un estudiante conozca, comprenda y/o sea capaz de hacer al final de un periodo de aprendizaje, no da como resultado la aparición de un nuevo perfil profesional dentro del campo AEC. BIM no aporta nuevas atribuciones a ninguna de las profesiones AEC.

En cualquier caso, y antes de concluir con que este escenario no es posible porque, efectivamente, BIM no aporta nuevas atribuciones a ninguna de las profesiones AEC, hay que decir que la universidad tiene la responsabilidad de formar los profesionales que demanda el mercado. Y en base a esto queremos incluir aquí unas reflexiones.

Cuando se diseñó el PE del Grado en Ingeniería de Edificación en el año 2007, las competencias específicas y genéricas que el grado debía garantizar, se basaron en la definición del perfil profesional que se había hecho en el Libro Blanco de la Titulación del 2005. Ese perfil fue el resultado de un estudio estadístico que realizaron en el colectivo profesional y empresarial sobre las actividades que mayoritariamente realizaban los arquitectos técnicos en aquel momento y sobre las capacidades más valoradas por los empleadores. Es decir, la universidad tenía como objetivo diseñar un PE para formar al técnico demandado en “aquel” momento por “aquel” mercado. Un PE no debe nacer con la intención de ser permanente en el tiempo a perpetuidad. De hecho no ha sido así: en los últimos 160 años ha habido 10 PE, cuatro de ellos en los últimos 50. Y aunque hubiesen nacido con aquella intención, los cambios externos y coyunturales (económicos, sociales, políticos, tecnológicos, académicos, etc.) han forzado cambios de forma natural, no programados. Los avances tecnológicos, que se prevé sean una realidad en un plazo de tiempo relativamente corto (materiales inteligentes, robótica, nanotecnología, smart cities, big data, etc.), desaconsejan cualquier opción a muy largo plazo porque en breve ellos continuarán forzando nuevos cambios.

En el marco normativo actual, el perfil demandado por atribuciones legales es el mismo que el del 2005. Pero se le están pidiendo además a ese técnico conocimientos y madurez para la gestión del mismo tipo de proyectos, pero en entorno BIM. El técnico solicitado no cambia. Se espera que trabaje de otro modo.

Por otra parte, en la coyuntura económica española actual, “saliendo” de una crisis global provocada por la crisis del sector, quizá lo menos indicado sea una innovación disruptiva creando un perfil profesional nuevo. Un perfil profesional con atribuciones profesionales distintas pero absorbiendo las anteriores, modificaría hasta tal punto el escenario que podría dejar obsoletas las actuales titulaciones habilitantes para profesiones reguladas. La legislación española no tiene previsto un protocolo que posibilite la adaptación de los profesionales actuales a la nueva titulación habilitante. Y mucho menos al ritmo que el sector productivo lo demandará ni al ritmo que la economía particular de los profesionales titulados lo necesita para no quedar fuera del mercado.

Por último, y aun en el caso de que BIM le otorgase nuevas atribuciones, hay una cuestión fundamental que debería ser suficiente para desestimar este escenario. Tiene que ver con la pertinencia del cambio disruptivo que supondría la aparición de un nuevo perfil de técnico con las atribuciones del anterior más las que supuestamente le otorgase su formación en BIM. Se trata de la combinación “atribuciones profesionales” + Europa.

En Europa las atribuciones no están reguladas del mismo modo. El ALSP, independientemente del estado en el que se encuentre su tramitación, volverá a retomarse. Como se dijo es un compromiso de España con Europa. Crear un perfil profesional nuevo basado en atribuciones nuevas sería legislar de espaldas a Europa. Sería casi una irresponsabilidad por parte del Ministerio aceptar algo así.

Justificación de la no aceptación de la propuesta “La Orden ECI/3855/2007 permanece invariable”

Como se ha hecho en otras circunstancias en las que se han ido introduciendo cambios ligeros, poco a poco, en los contenidos de un plan de estudios e incluso en las metodologías de enseñanza aprendizaje, se podría decir que la Orden ECI podría mantenerse como hasta ahora y por tanto afirmar que este escenario es posible.

Los cambios no dependientes de la modificación de la orden podrían suponer:

- Introducir contenidos BIM en los grados en cuanto a contenidos.

- Introducir BIM en cuanto a destreza en la utilización de herramientas informáticas necesarias para el modelado de la información del edificio en fase proyectos.
- Formación en una forma de trabajo totalmente acorde con los requisitos del EEES; en tecnología y metodología que constituyen en su conjunto una “herramienta” muy eficaz para el aprendizaje de las disciplinas tradicionales de la construcción. Pero también para el entendimiento y aprendizaje de los procesos y de las relaciones interpersonales que se dan en el proceso de diseño, construcción, y durante el resto del ciclo de vida de un edificio, gracias a los flujos de trabajo que BIM provoca y a la estructura colaborativa multidisciplinar que requiere.
- Esta forma de trabajo en el grado dará al alumno una idea clara de las bases fundamentales de BIM y de sus consecuencias para con el proceso edificatorio.

Por su lado la situación inmovilista de no reflejar esos cambios en la correspondiente orden ministerial conllevarían:

- La total inseguridad sobre la consecución de los objetivos de los puntos anteriores porque requieren el compromiso y la implicación del conjunto de los responsables del título.
- No se garantizaría la adquisición de unos mínimos ya que esos los marcaría cada una de las universidades. Todo estaría en función del acierto de cada universidad a la hora de diseñar el plan. Podría quedarse en una propuesta de formación en el uso de herramientas BIM o por el contrario ir mucho más allá. No se asegura la formación que garantice alcanzar un nivel de madurez BIM al egresado acorde con el mercado.
- Un cambio puntual, aislado, de ese tipo, no pasaría por el filtro de la ANECA para verificar su modificación, sino hasta el momento en que el título tuviese que renovar su acreditación.
- No hay un criterio de mínimos preestablecido. La ANECA, aun en el momento de ser solicitada la verificación de estos cambios, no tendría un patrón de mínimos sobre el que basar su informe, sino la Orden ECI que sería la misma. No estaría tampoco garantizada la homogeneidad de los estudios en el país.
- La decisión de iniciar el proceso de cambio, de cuándo, cómo, y con qué hacerlo se dejaría a criterio de cada universidad. No estaría garantizado tampoco el momento en que las modificaciones se pusiesen en marcha,

podrían darse con mucha distancia en el tiempo unas de otras. Por tanto, no garantizan la salida al mercado de egresados formados al ritmo que demanda la empresa.

Se estaría en un escenario similar al de los últimos 10 años en España, en Europa e incluso en EEUU, desigual en los contenidos, en los plazos de implantación y en el alcance. El mercado, a medio plazo, seguiría estando desabastecido de los técnicos necesarios. Su formación en competencias BIM seguiría dependiendo de la voluntad de los técnicos, incluso para los recién egresados. La propuesta pues sería totalmente inefectiva.

Justificación de la aceptación propuesta “La Orden ECI/3855/2007 se modifica”

En este escenario, el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, a instancias de la Comisión BIM del Ministerio de Fomento, y según las indicaciones de la Conferencia de Rectores de Universidades que liderarían el grupo de trabajo *GT2. Personas*, propondría la modificación de la Orden ECI actual.

Esa modificación supondría, como hemos visto:

- Integración de BIM como metodología de aprendizaje de construcción para garantizar la adquisición de las competencias propias de la titulación pero en un entorno BIM.
- Integración de BIM como una forma de trabajo cuya esencia coincide con las competencias básicas exigidas por el EEES y la legislación de las enseñanzas universitarias, como integrador de conocimientos, de relaciones personales y de metodologías.
- Integración de las herramientas BIM como herramienta/medio muy eficaz para la enseñanza de materias de construcción (de la mayoría de ellas) por su característica de “construcción de un modelo virtual” y por permitir la realización de simulaciones de multitud de condiciones diversas de proyecto que hacen al modelo susceptible de ser analizado.
- Asunción de BIM como motor del cambio en la forma de trabajo de los profesionales y las empresas AEC, cuyo aspecto colaborativo y multidisciplinar y cuyos flujos de trabajo se puede reproducir fielmente en el ámbito académico dentro del aula. Por tanto, también permite simular durante la formación, situaciones de trabajo y de relaciones personales y laborales para el alumno.

- Adición de competencias al técnico formado según los PE que se derivasen pero con las mismas atribuciones legales que hasta ahora.

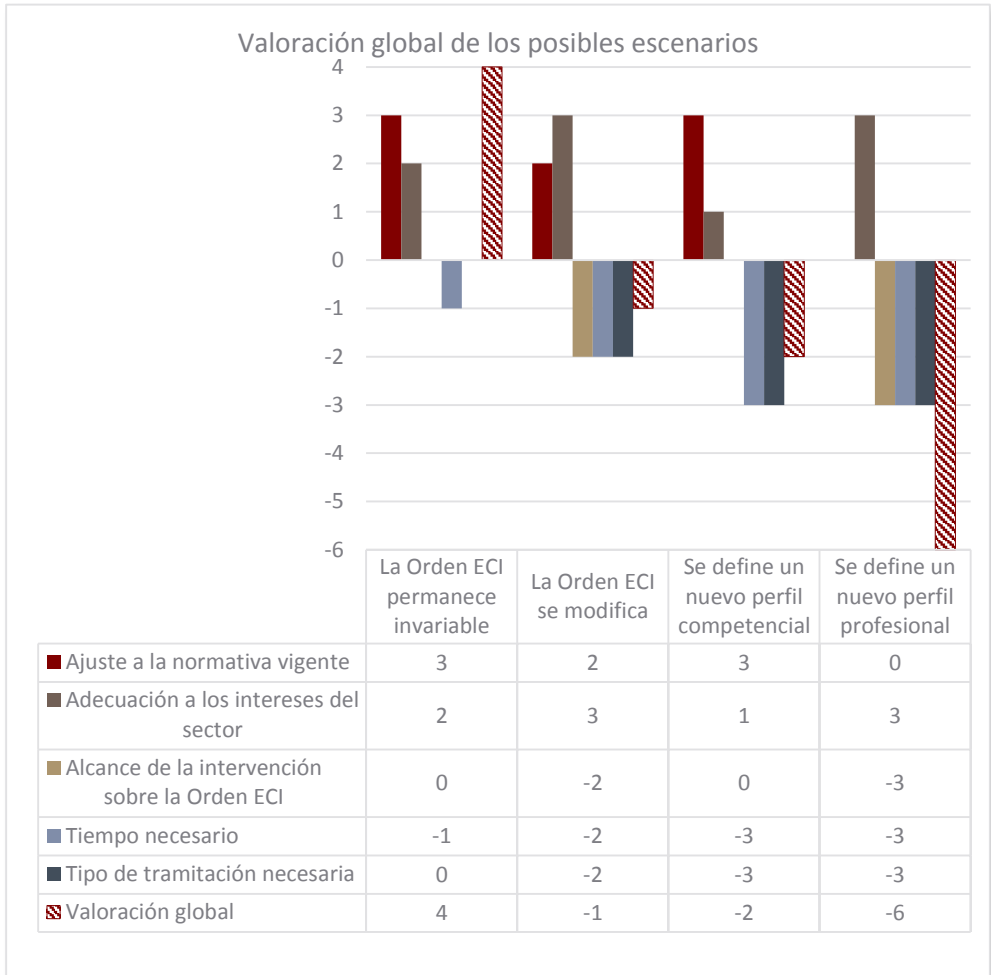
Los cambios en la Orden ECI conllevarían:

- La modificación obligatoria de todos los PE de todas las universidades españolas. Los títulos expedidos a partir del momento en que la Orden cambia deben ser nuevamente verificados de acuerdo con la Orden ECD vigente. Se trata de las mismas profesiones reguladas por ley.
- Todas las universidades empezarían a expedir títulos “adaptados” a la vez con lo cual la salida de egresados formados al mercado sería uniforme en el tiempo y al ritmo que la industria los demandase, porque habría universidades dispuestas para formarlos.
- La existencia de unos requisitos mínimos de diseño. La formación sería homogénea en todo el país hasta un determinado nivel. La ANECA contaría con una referencia universal a partir de la cual podría emitir sus informes de adecuación.
- El MECD con sus objetivos estaría marcando el nivel mínimo de madurez BIM que los alumnos deberían alcanzar al terminar su formación de grado, no solo competencias como hasta ahora.
- La materialización y la expresión explícita de la voluntad de la Administración Pública en apoyar esta metodología y lo que ello supone en cuanto a la apreciación positiva del cambio por parte de la sociedad en general y del sector de la construcción en particular.
- La tramitación relativamente rápida de los ajustes normativos, porque no supone cambios legislativos más allá de la modificación de una orden ministerial. Las órdenes ministeriales son normas que nacen y se desarrollan en un ministerio y salen a la luz por decisión del ministro. No necesitaría de cambios radicales en el sistema legislativo actual que pudiesen afectar a otras partes del sector, a otros sectores de sociedad, o que demorasen en el tiempo la formación y la consiguiente salida de técnicos al mercado.
- No sería en ningún caso fruto de iniciativas aisladas sino que supondría aquel cambio de paradigma global que se pedía desde la EUPPD, respaldado por la Administración estatal. Se estaría caminando al ritmo de Europa.

Supone pues la propuesta de escenario para el cambio del modelo curricular que acabaría dando mejores resultados a corto, medio y largo plazo, con los menores

cambios legislativos, con el consenso de las partes, homogénea, posible con la menor de las tramitaciones, y por lo tanto la más eficiente.

Para apoyar nuestra valoración cualitativa, la podemos comparar con el resultado que obtendríamos de las gráficas utilizadas anteriormente. La opción más compensada, es decir, la que daría un valor global más cercano a cero es la que contempla el escenario de intervenir solo en la Orden ECI, la cual arroja un resultado global de -1.



9.2.4 Tramitación necesaria para el cambio

Una vez elegido el escenario adecuado, viable y que, en último término, ofrecería mejores resultados, la tramitación administrativa del cambio debería cubrir los siguientes pasos:

1. El Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, a instancias de la Comisión BIM del Ministerio de Fomento, y según las indicaciones de la Conferencia de Rectores de Universidades que liderarían el grupo de trabajo *GT2. Personas*, pondría en marcha la redacción de las modificaciones necesarias y procedería a la aprobación de la nueva Orden ECD¹⁹⁵.
2. Las universidades deberían adaptar los PE de sus titulaciones, que habilitan para el ejercicio de profesiones reguladas por ley, para adaptarlos necesariamente a la orden ministerial que los define. Deberían hacerlo además en el plazo establecido por el ministerio para ello. Tras aprobarlo en su seno, notificarían la existencia de una modificación de PE a la ANECA, y la remitirían al Consejo de Universidades.
3. El Consejo de Universidades por su parte, lo remitiría a la ANECA.
4. La ANECA contaría con la Orden ECD como referencia para efectuar sus valoraciones. Constaría que cada uno de los PE se ajustaría a la orden ministerial, la cual como se ha dicho supondría la referencia.
5. En ese momento, la ANECA podría, si se dieran las circunstancias propicias para ello, emitir informe favorable, lo cual supondría la aprobación de la modificación del título y este podría implantarse en la universidad correspondiente con efecto cuasi inmediato. El tipo de tramitación la habíamos valorado como baja (-1) al igual que el tiempo necesario.

Pero este quinto paso no es el que realmente se daría. De hecho se observa en la gráfica que la valoración que se le da a la cuestión de la tramitación es media (-2).

Lo que se estaría modificando sería el plan de estudios de titulaciones que habilitan para el ejercicio de una profesión.

Se ha demostrado que la incorporación de nuevas competencias al mismo no modifica en absoluto la esencia del título y, por tanto, tampoco de la profesión. De

¹⁹⁵ Siglas que se corresponden al nombre del ministerio actual Educación, Cultura y Deporte (ECD) equivalente al anterior de Educación y Ciencia (ECI).

tal manera que no suponen en ningún caso la aparición de nuevas atribuciones profesionales ni la modificación sustancial de las existentes.

Sin embargo, toda nuestra propuesta se basa en la cuestión fundamental de que la orden ministerial, que establece los criterios mínimos para la definición de este tipo de títulos y sus PE, debe ser modificada para recoger las exigencias de la legislación europea. Una legislación que, en forma de Directiva EUPPD, afecta directamente, no a las atribuciones que estas profesiones tienen de momento reservadas por ley en España, sino a la forma de trabajo y a la metodología con las que deben afrontar dichas atribuciones. Eso ha de garantizar su implantación en el sector de la construcción de forma eficaz.

Es ahora cuando hay que tomar en consideración lo que dice una normativa de rango superior, esto es, el RD 1393/2007 que ordena las enseñanzas universitarias. El RD dice en su introducción que *“en el supuesto de títulos que habiliten para el acceso o ejercicio de actividades profesionales, se prevé que el Gobierno establezca las condiciones a las que deberán adecuarse los planes de estudios para garantizar que los títulos acreditan la posesión de las competencias y conocimientos adecuados para dicho ejercicio profesional”*.

Consecuentemente cada vez que esas *condiciones* (orden ministerial) cambien los títulos deberán *adecuarse* a la orden vigente. En este momento, la ANECA ya no tiene la palabra o la potestad para dar el visto bueno a la implantación del PE modificado simplemente con su informe favorable.

Han cambiado las condiciones de referencia, la orden ministerial, y por tanto, la modificación del título debería iniciar su proceso de verificación.

Capítulo 10. Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta

*“El objetivo general del nuevo Título de Graduado en Ingeniería de Edificación es proporcionar una formación adecuada de perfil europeo y carácter generalista sobre las bases teórico-técnicas y las tecnologías propias del sector de la edificación, enmarcada en una capacidad de mejora continua y de transmisión del conocimiento.”
(Universitat Politècnica de València 2009)*

10.1. Modificación de la Orden ECI/3855/2007

Formación adecuada de perfil europeo, generalista y sobre las tecnologías propias del sector de la edificación. Tres conceptos que la orden ministerial que establezca los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico, deberá exigir que se tengan en cuenta.

Y lo hará a través del establecimiento de los objetivos generales, competencias, o mejor denominados, resultados del aprendizaje previstos¹⁹⁶ del título.

¹⁹⁶ Los llamados *intended learning outcomes* (ILO) en el informe BAF analizado en el Capítulo 8.

Por su parte, el RD 1393/2007¹⁹⁷ explicita los referentes externos que permiten, a cada universidad que propone un título, avalar la adecuación de su propuesta de título de grado en relación a una serie de criterios nacionales o internacionales que se hayan tomado con anterioridad o que se generen a propósito para títulos de similares características. El RD establece como avales válidos los siguientes:

- Libros Blancos del programa de Convergencia Europea de la ANECA.
- Planes de Estudio de universidades españolas, universidades europeas e internacionales de calidad o interés contrastado.
- Informes de asociaciones o colegios profesionales nacionales, de otros países de Europa o internacionales.
- Títulos del catálogo vigente a la entrada en vigor de la Ley Orgánica 4/2007 de 12 de Abril.
- Otros, con la justificación de su calidad o interés académico.

En nuestro caso, y aunque lo que se propone no es un nuevo título y su verificación, sino la verificación de la modificación de un título existente, que afecta solo a competencias, nos parece adecuado comprobar si dicha propuesta contaría con esos mismos referentes externos que permitirían avalarla.

- No cuenta con un Libro Blanco que recoja las condiciones, circunstancias u opiniones actuales de las empresas, la administración, los profesionales o los académicos del sector de la construcción. El Libro Blanco de la ANECA de 2005 definió en su momento el perfil profesional a partir de los resultados de diversas encuestas realizadas a empleadores, administración pública y profesionales del sector en una época de bonanza. Creemos que un estudio estadístico similar en la actualidad arrojaría resultados presumiblemente contaminados por la delicada situación económica que estamos atravesando. Las respuestas tanto de las empresas como de los profesionales sobre la cantidad y la calidad de su actividad actual y futura, dejaría patente que en ninguno de los dos casos se estarían planteando el futuro a largo plazo, o ni siquiera a medio plazo. Es lógico pensar que en este momento su enfoque laboral es eminentemente cortoplacista: la preocupación por su situación económica les hace difícil en esta coyuntura plantearse objetivos más allá de unos meses, lamentablemente. Por otra parte, la rigidez de la legislación española en cuanto a atribuciones tampoco permitiría cambios drásticos al perfil resultante. Así pues la

¹⁹⁷ Anexo I. Memoria para la solicitud de verificación de títulos oficiales, punto 2. Justificación, apartado 2.2

cuestión del Libro Blanco se podría suplir con una suerte de adenda al del 2005, que, justificada por esta cuestión, contemplase únicamente la postura del sector respecto a las nuevas competencias BIM.

- Se vio en el Capítulo 8 que nuestra investigación no ha obtenido resultados positivos en relación con la existencia de PE de grado en universidades españolas o del extranjero para titulaciones de la rama AEC con BIM integrado que pudiesen ser tomados como referencia. Por otro lado, los actuales PE son referencias perfectamente contrastadas en lo que a competencias AEC se refiere. Por ello nuestra propuesta se formula como una modificación de aquellos.
- A nivel nacional, no se cuenta con un informe proveniente de los colegios profesionales. Recordemos que en junio de 2014 se lanzó, por parte del Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España, lo que llamaron Encuesta Nacional del BIM, de la cual nosotros no hemos encontrado resultado publicado alguno. Sin embargo, cuando en el Capítulo 8 se analizó hacia dónde dirigían los colegios profesionales sus ofertas de información y formación para sus colegiados, las que se detectaron iban dirigidas fundamentalmente al campo de la eficiencia energética y a BIM. Esto podría ser tomado como un indicador de las inquietudes de los colegios profesionales para con sus miembros. Además hay que tener en cuenta que esta situación que proponemos se estaría dando por iniciativa de la Comisión BIM del Ministerio de Fomento en la que participan los colegios profesionales a través del Consejo General de la Arquitectura Técnica, por tanto su aval se puede presuponer.
- Sí que contamos con el extensísimo informe, fruto del trabajo durante varios años del BAF, en el Reino Unido, sobre la pertinencia, estrategias y estado de la implantación de BIM en los grados y posgrados en las universidades británicas. Informe que, como se vio en el Capítulo 8, concluye afirmativamente a la inclusión de BIM en los grados. También se pueden tomar como referencia los resultados positivos publicados por docentes responsables de experiencias de implantación en los EEUU, aunque no hemos tenido noticia de integraciones totales a nivel de grado.
- En la misma línea, pero en el ámbito nacional, hemos conocido las experiencias piloto que han tenido lugar en instituciones de enseñanza superior y que han sido publicadas; las hemos analizado en esta tesis; demuestran el interés del sector; y concluyen, en general, en la pertinencia de que sea la universidad la que lidere el cambio; lo han hecho en forma de

varios manifiestos por la adopción de la metodología BIM a través de la formación; y además lo han certificado recogiendo el guante del Ministerio de Fomento para intervenir en los grupos de trabajo de la Comisión BIM.

- Pero lo más determinante para la puesta en marcha de la propuesta, bajo nuestro punto de vista, no sería tanto un aval, sino una necesidad: estamos hablando, lógicamente, de que la razón fuese un requerimiento normativo, esto es, la Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014, sobre contratación pública. Las exigencias de la misma al respecto del cambio en la forma de gestionar los proyectos edificatorios, las relaciones entre las partes, la gestión del gasto, etc., con objetivos que van más allá de la mera construcción del edificio, que pretenden abarcar todo su ciclo de vida, justifican sobradamente la pertinencia y la calidad de la propuesta. Por su parte, la necesidad de formar técnicos capaces de trabajar en ese nuevo entorno justifica su interés académico.

Así es, la directiva europea por ella misma, ya requiere la formación de técnicos adecuados de perfil europeo; generalistas, es decir, capaces de desempeñar sus funciones en cualquier momento del ciclo de vida del edificio; y formados sobre las tecnologías propias del sector de la edificación, tecnologías y metodologías BIM que es ella precisamente quien exige su integración en los procesos.

Así las cosas, **la modificación de la actual orden ministerial** debería conllevar los siguientes cinco pasos.

1. Poner a la sociedad en **antecedentes** de lo que provoca la modificación. Sería adecuado que el Ministerio, en la introducción, contextualizara la modificación en el panorama legislativo actual marcado por la denominada “Estrategia Europa 2020”, dentro de la cual, la contratación pública desempeña un papel clave, puesto que se configura como uno de los instrumentos basados en el mercado interior que deben ser utilizados para conseguir un crecimiento inteligente, sostenible e integrador, garantizando al mismo tiempo un uso con mayor racionalidad económica de los fondos públicos.¹⁹⁸ Añadir que, con este fin, han aparecido tres nuevas Directivas comunitarias. Y finalmente explicar que, entre ellas, la Directiva 2014/24/UE sobre contratación pública, ha dado lugar con su

¹⁹⁸ Extracto literal del Anteproyecto de la Ley de Contratos del Sector Público.

incorporación a nuestro ordenamiento, a la Ley de Contratos del Sector Público.¹⁹⁹

2. **Justificar** a la sociedad su propia modificación en base a la aparición de la Directiva Europea y lo que esta supone. Esto necesitaría de la explicación, por parte del Ministerio, de que los contenidos de dicha Directiva tienen consecuencias directas en la profesión y por ende en la titulación. Así sería muy conveniente que se explicase que la citada Directiva insta a los Estados miembros exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, como herramientas electrónicas de modelado de la información de edificios (BIM), o herramientas similares, para contratos públicos de obra y concursos de proyectos, en los procedimientos de adjudicación de los contratos públicos de obras, de suministro y de servicios, con efecto a partir del 18 de abril de 2016.
3. Ordenar la puesta en marcha de los **mecanismos** adecuados para que la integración de la metodología BIM en el diseño de los PE resultase eficiente en todos sus aspectos. Nos estamos refiriendo a la necesidad **de asesoramiento y apoyo técnico** que previsiblemente necesitarían las entidades responsables de los títulos que son las que en última instancia elaboran el diseño de aquellos. No podemos olvidar que estamos tratando con una metodología con un alto componente tecnológico. Recordemos también que ha encontrado en las propias escuelas y en los docentes de las mismas el mayor obstáculo no solo para su implantación, sino incluso para el avance de las experiencias puntuales que se han dado en los últimos 15 años. Que esta postura no era intencionada sino el resultado de la falta de formación de los docentes en la metodología y la incapacidad de las escuelas para formarlos a coste cero. Es previsible pues, que necesiten de esa ayuda. Entendemos por ello que el Ministerio, consciente de esa situación, debería promover las acciones necesarias para dar a las citadas entidades académicas el soporte necesario, por ejemplo por medio de una guía técnica. Entendemos también que dicha guía debería ser elaborada por el Grupo de Trabajo 2 de la Comisión BIM previo encargo de la Dirección General de Universidades; tras la consulta y con el consenso de todas las partes implicadas; y con el asesoramiento y la aprobación de la ANECA. Podría denominarse Guía Técnica de Integración BIM en el Grado.

¹⁹⁹ Cuando se aprobase. Recordemos que está en fase de anteproyecto.

4. El siguiente paso debería ser introducir explícitamente la **competencia BIM** como uno más de los resultados del aprendizaje previstos del título (objetivos en la ECI).

La propuesta de redacción de los RDAT para la integración de BIM en los PE del Grado en Arquitectura Técnica forma parte de los objetivos de esta tesis, y por tanto, se entiende imprescindible que se realice una propuesta concreta. En el Capítulo 9 se realizó una propuesta justificada para este RDAT a la que nos hemos estado refiriendo como la número 9 y que dice así:

Aplicar la metodología colaborativa BIM en todos los objetivos anteriores, los flujos de trabajo y de información que exige y genera, así como las herramientas tecnológicas que lo hacen posible, en las fases de proyecto, ejecución de la obra, mantenimiento y explotación del edificio, demolición y gestión de los residuos de la misma, esto es, a lo largo del ciclo completo de la vida del edificio, dentro de la normativa europea y estatal relativa a la gestión de proyectos en entorno BIM.

No se pretende desde aquí que, en su caso, se adopte nuestra propuesta como la definitiva. Ahora bien, fundamentado por todo lo que se ha visto, analizado y documentado en capítulos anteriores al respecto de la metodología BIM, su impacto en el sector de la construcción, las exigencias normativas que vendrán, así como las recomendaciones de la ANECA al respecto de los RDA y su importancia para el adecuado diseño de los PE, nos encontramos en condiciones de aconsejar que, en la redacción que el Ministerio hiciese de dicho RDAT, se siguiesen una serie de pautas. Nos referimos a:

- Que fuese uno solo, claro y conciso.
- Que el nivel de acción del *verbo* empleado no bajase del quinto nivel de la taxonomía de Bloom (síntesis). Un nivel cognitivo más bajo no garantizaría que los alumnos alcanzasen el nivel de madurez deseado.
- Que contuviese explícitamente el acrónimo BIM y aludiese a él como metodología de trabajo. Esto dejaría claro el *objeto*.
- Que hiciese referencia a la totalidad del proceso edificatorio, recogido ya en los otros RDAT, y al ciclo de vida del edificio. Con esto debería resolverse la alusión necesaria al *contexto*.

5. El último paso debería ser la introducción de los **resultados del aprendizaje de BIM**, es decir, lo que en la orden denominan competencias específicas. En el Capítulo 9 ya se presentó nuestra propuesta redactada siguiendo, en cuanto al formato, las directrices y recomendaciones de la ANECA. Sin embargo en ella los RDA no se separaron en materias de Formación Básica y Específicas como figura en el cuadro de la Orden actual.

El RD 1393/2007 en su artículo 12.5 dice que el plan de estudios deberá contener un mínimo de 60 créditos de formación básica, es decir, de materias que se consideren básicas para la formación inicial del estudiante o que tengan un carácter transversal. Esto supone el 25% del total de ECTS de los Grados.

En nuestra opinión, existen tres de los 9 RDA previstos que tienen un claro carácter básico, no solo para poder acometer la adquisición de los restantes RDA BIM, sino para conseguir la integración plena y desde el comienzo de los estudios. Nos estamos refiriendo a:

Hacer una revisión crítica de las características del modelo productivo tradicional en construcción con el fin de identificar la oportunidad que supone integrar la metodología BIM en la gestión de procesos constructivos.

Utilizar las herramientas BIM de modelado para la representación espacial y gráfica de los elementos y procesos constructivos, incluyendo la creación de componentes y elementos BIM personalizados.²⁰⁰

Interpretar los contenidos del marco normativo internacional, europeo y estatal para el desarrollo y la gestión de proyectos edificatorios en BIM.

Su carácter básico hace que estas materias sean susceptibles de ser reconocidas para el acceso a otras titulaciones en las condiciones que marca los artículos 13 y 6. Pero además distingue:

- Materias básicas de la rama de Ingeniería y Arquitectura: Aquellas de la rama de Ingeniería y Arquitectura según el Anexo II del RD 1393/2007, que serían susceptibles de reconocimiento en el acceso a otras titulaciones de la misma rama en las condiciones del art. 13 y 6 del mismo RD. De aquellos

²⁰⁰ Se quiere hacer notar que este tercer RDA de Formación Básica es el resultado del desglose de uno de los de la propuesta recogiendo únicamente lo que a modelado arquitectónico se refiere como necesariamente de formación básica.

60 créditos de formación básica, al menos, 36 estarán vinculados a algunas de estas materias.

- Materias básicas para formación inicial del estudiante o de carácter transversal: Aquellas pertenecientes a cualquier otra rama de conocimiento previstas en el mismo Anexo II. A estas estarán vinculados los restantes créditos hasta 60.

En nuestro caso, consideramos que la vinculación es la siguiente:

DE FORMACIÓN BÁSICA

RAMA INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Empresa

Hacer una revisión crítica de las características del modelo productivo tradicional en construcción con el fin de identificar la oportunidad que supone integrar la metodología BIM en la gestión de procesos constructivos.

Expresión gráfica

Introducción a la tecnología de modelado BIM.

OTRAS RAMAS

Derecho

Interpretar los contenidos del marco normativo internacional, europeo y estatal para el desarrollo y la gestión de proyectos edificatorios en BIM.

Con respecto al bloque de formación específica, el acuerdo adoptado por la Conferencia de Directores responde al carácter generalista y pluridisciplinar de las atribuciones profesionales del Arquitecto Técnico.

Es la parte en la que nosotros proponemos la introducción de una materia nueva que denominaremos Gestión de información en la edificación (BIM), manteniendo a su vez todos las demás existentes.

ESPECÍFICOS

Gestión de Información en la edificación (BIM)

Tener una visión completa de los fundamentos de la metodología BIM en la gestión integral de proyectos en cuanto

a flujos de trabajo, trabajo colaborativo, gestión de la información, y gestión del ciclo completo de la vida del edificio.

Aplicar los formatos de intercambio de información entre sistemas BIM interoperables; las normas y reglas para la estandarización del trabajo; y los sistemas/plataformas de gestión de la comunicación e intercambio de información, en un entorno de trabajo multidisciplinar y colaborativo.

Crear, manejar, mantener y gestionar bases de datos paramétricas para ser utilizadas dentro de las herramientas BIM de modelado.

Utilizar las herramientas BIM de modelado, análisis, cálculo y simulación que se requieran en cada fase del proyecto edificatorio, incluyendo la creación de componentes y elementos BIM personalizados.

Integrar las herramientas BIM de modelado arquitectónico, estructural y de instalaciones; las herramientas BIM 4D de organización, programación y control de obras; las herramientas BIM 5D de gestión presupuestaria del proyecto edificatorio; y las herramientas BIM 6D de análisis y mejora del rendimiento energético y sostenibilidad medioambiental del proyecto edificatorio, en las fases correspondientes del proceso.

Integrar las herramientas BIM de modelado, cálculo, simulación, análisis y gestión en los procesos de mantenimiento, conservación y explotación económica de los activos inmobiliarios.

Generar documentación gráfica, de especificaciones técnicas, presupuestarias y normativas de un proyecto técnico, así como la documentación para la gestión de activos inmobiliarios, mantenimiento y explotación de edificios construidos, a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM para cada fase del proceso.

En la Tabla 20 se presenta, a título informativo, esto mismo introducido en la estructura inicial de PE que en su momento fue consensuada por la Conferencia de Directores y que se siguió en el diseño de todos los PE entonces. Se ve ahora complementada con los contenidos BIM según nuestra propuesta de modificación de la Orden realizada en el apartado 10.1.

FORMACIÓN BÁSICA		
MATERIAS BÁSICAS DE LA RAMA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
Materias	Breve descripción	ECTS
Matemática Aplicada	Álgebra lineal. Cálculo. Geometría. Estadística. Descriptiva y Correlación. Probabilidad. Variables aleatorias. Inferencia estadística.	
Física aplicada	Estática del Sólido Rígido y Elementos Estructurales. Mecánica de Fluidos. Acústica. Calorimetría y Transmisión del Calor. Higrometría. Transporte y Distribución de Energía.	
Expresión gráfica	Sistemas de representación. Procedimientos de Expresión Gráfica. <i>Introducción a la tecnología de modelado BIM</i>	
Economía aplicada a la empresa	Economía General. Economía de Empresa. Gestión de Recursos. Análisis de Inversiones. <i>Modelo productivo tradicional vs. Modelo productivo BIM.</i>	
Subtotal Materias Básicas de la rama de Ingeniería y Arquitectura		36
MATERIAS BÁSICAS PARA FORMACIÓN INICIAL DEL ESTUDIANTE O DE CARÁCTER TRANSVERSAL		
Materias	Breve descripción	ECTS
Derecho	Derecho de la construcción. Gestión medioambiental. <i>Marco normativo para la gestión de proyectos en BIM.</i>	
Expresión Gráfica	Procedimientos Avanzados de Comunicación Gráfica. Procesamiento. Representación.	
Instalaciones	Fundamentos del diseño y cálculo de las instalaciones.	
Fundamentos de Materiales de Construcción	Geología y Química Aplicada. Impacto medioambiental.	
Subtotal Materias Básicas para la formación inicial o de carácter transversal		24
Total Materias de Formación Básica		60



FORMACIÓN ESPECÍFICA		
Materias	Breve descripción	ECTS
Expresión Gráfica	Levantamiento de Planos y Documento Gráfico.	
Replanteos y Topografía	Técnicas y Equipos para la toma de datos. Replanteos. Planimetría y Altimetría.	
Materiales de Construcción	Tecnología de los Materiales. Ensayos. Control de Calidad de los Materiales y de los Sistemas Constructivos. Creación y tratamiento de materiales de construcción en sistemas BIM.	
Construcción	Historia de la construcción. Tecnología y Sistemas Constructivos. Control de la Ejecución. Mantenimiento. Patología, Restauración y Rehabilitación. Equipos de Obra. Construcción Sostenible. Análisis Energéticos de los Edificios.	
Estructuras de Edificación	Elasticidad y Plasticidad. Resistencia de Materiales. Mecánica del Suelo y Cimentaciones. Tipologías Estructurales: Diseño, Cálculo y Comprobación.	
Instalaciones de Edificación	Ejecución y Comprobación de las Instalaciones.	
Organización del Proceso Constructivo	Técnicas de Planificaciones, Programación y Organización de la Edificación. Optimización de Recursos.	
Prevención y Seguridad Laboral	Prevención de riesgos laborales. Seguridad en el trabajo.	
Calidad de la Edificación	Gestión, Aseguramiento y Control de la Calidad.	
Gestión Urbanística	Gestión y Control Urbanísticos.	
Presupuestos y Control Económico	Análisis de costes. Técnicas de Medición. Elaboración del Presupuesto del Proceso Constructivo. Planificación.	

Peritaciones y Tasaciones	Valoraciones, Tasaciones y Peritaciones. Estudios de Viabilidad.	
Proyectos Técnicos	Redacción, Análisis, Auditoria, Control, Gestión y Desarrollo de Proyectos Técnicos.	
Gestión de información en la edificación (BIM)	<i>Fundamentos de la metodología BIM. Herramientas de modelado, simulación, cálculo, análisis y visualización BIM. Intercambio de información entre sistemas BIM. Bases de datos paramétricas. Estándares BIM. BIM 4D, 5D, 6D, 7D. Producción de la documentación de un proyecto edificatorio en BIM. Flujos de trabajo en BIM. Entornos de trabajo colaborativo y multidisciplinar en BIM. Gestión de la comunicación e intercambio de información entre agentes participantes en el proceso constructivo. Gestión integrada del ciclo de vida de un edificio con sistemas BIM.</i>	
Total Materias Específicas		108
PROYECTO FIN DE GRADO		
Materias	Breve descripción	ECTS
Proyecto Fin de Carrera	Desarrollo de un Proyecto o Trabajo Fin de Carrera	12
Total Proyecto Fin de Grado	12	

Tabla 20. Introducción de materias BIM en la estructura inicial del PE. 2015. Elaboración propia

Como dice la Memoria para la Solicitud de Verificación del Título de Grado en Ingeniería de Edificación de la ETSIE-UPV, “*en los contenidos de las materias y asignaturas pertenecientes a estos módulos, debe hacerse una lectura transversal de competencias que, integradas y relacionadas, son necesarias para desempeñar la labor del técnico coordinador de otros especialistas que requiere una formación generalista.*”

10.2. De la orden ministerial al plan de estudios

Una vez resuelta la propuesta de modificación de la Orden Ministerial e incluidas las competencias BIM en su objeto, todas las universidades se verían en la obligación por ley de modificar sus títulos de Grado actuales para adaptarlos a la nueva Orden ECD resultante. Por tanto, el siguiente paso sería acometer el desarrollo de esos resultados de aprendizaje en la Memoria de Verificación del Título.

Para el paso de módulos/materias a asignaturas, y con ellas definir la programación temporal de cada asignatura en uno de los 8 semestres que componen el grado, las memorias de verificación empezarían (como se hizo para los PE actuales) por descomponer todos los resultados de aprendizaje de la Orden en lo que llaman Competencias Específicas de la titulación.²⁰¹

A las que se derivan directamente de las materias definidas en la orden ministerial, se añadirían las que se deriven de otras materias de carácter obligatorio en unos casos y optativo en otros, que se han dejado expresamente para que cada universidad aporte a su PE particular.

En cualquier caso y como se ha dicho, este desglose debe permitir la vinculación de competencias a asignaturas y la consiguiente definición de contenidos de las mismas, así como su ubicación temporal.

Añadirían asimismo lo que llaman Competencias Transversales. En el caso de la Memoria del título que se imparte actualmente en la ETSIE-UPV, para la definición de estas competencias transversales se atendió a la Guía para la Verificación de Títulos Oficiales de la ANECA, de acuerdo con el MECES, y además se incluyeron algunas definidas en el Proyecto Tunning. En la actualidad la ETSIE-UPV contaría con una relación de competencias transversales que la UPV ha diseñado para todas sus titulaciones dentro de un Proyecto Institucional de Competencias Transversales de la UPV, y a las que ya se ha hecho referencia en apartados anteriores.

²⁰¹ Consideramos necesario hacer notar en este punto que lo que las memorias de verificación y posteriormente los planes de estudio y las guías docentes (o de aprendizaje) de las asignaturas denominan competencias específicas, incluyen también las que se derivan de las materias del bloque de Formación básica. Nosotros según el criterio que estamos siguiendo hasta ahora vamos a hacerlo así también por paralelismo con los documentos actualmente vigentes.

Dentro de ese listado de Competencias específicas estarían también las resultantes de nuestra propuesta de materias BIM, derivadas tanto de la materia específica BIM como de las tres de formación básica. Son las siguientes²⁰²:

Distinguir el modelo productivo tradicional en construcción del modelo productivo BIM e identificar las ventajas y beneficios en eficacia, eficiencia, productividad, competitividad e innovación que ofrece trabajar en entornos BIM. Identificar la oportunidad de integrar BIM en la gestión de procesos constructivos.

Identificar los fundamentos de la metodología BIM frente a la metodología tradicional en la gestión integral de proyectos.

Interpretar los fundamentos, reglas de funcionamiento, beneficios e implicaciones del trabajo colaborativo.

Interpretar los contenidos del marco normativo internacional, europeo y estatal para el desarrollo y la gestión de proyectos en BIM.

Identificar los nuevos roles profesionales necesarios para la gestión de proyectos edicatorios en entorno BIM.

Interpretar las relaciones contractuales entre los agentes participantes en el proyecto edicatorio en entorno BIM.

Describir los fundamentos y contenidos del Plan de Ejecución BIM para su adopción en el trabajo colaborativo en un entorno BIM.

Describir las estrategias de implantación de la metodología BIM en una organización.

Interpretar la intervención de otras metodologías de gestión colaborativa de proyectos en la gestión de proyectos en entorno BIM.

Utilizar las herramientas de modelado BIM hasta los niveles de detalle y desarrollo que requiera cada fase del proyecto edicatorio.

Utilizar las herramientas de análisis y cálculo BIM que se requieran en cada fase de proyecto.

²⁰² Obviamos incluir aquí, por su extensión, las competencias específicas correspondientes al resto de materias que en cualquier caso permanecerían invariables y se pueden consultar en la Memoria del 2009 de la ETSIE-UPV.

Utilizar las herramientas de simulación BIM que se requieran en fase organización y ejecución de obra.

Utilizar los formatos de intercambio de información entre sistemas BIM interoperables.

Aplicar las normas y reglas para la estandarización del trabajo colaborativo y multidisciplinar en BIM.

Utilizar sistemas BIM de componentes preconfigurados y crear elementos personalizados.

Manejar bases de datos paramétricas: crear, mantener y gestionar bases de datos paramétricas.

Utilizar sistemas/plataformas online de gestión de la comunicación e intercambio de información entre equipos multidisciplinarios.

Integrar las herramientas BIM 4D en los procesos de organización, programación y control de obras, así como su utilización en la simulación de procesos para su optimización.

Integrar las herramientas BIM 5D en los procesos de gestión presupuestaria del proyecto edificatorio.

Integrar las herramientas BIM 6D en el análisis y mejora del rendimiento energético y sostenibilidad medioambiental del proyecto edificatorio.

Integrar las herramientas de modelado BIM de instalaciones en los procesos de predimensionado, diseño, cálculo y comprobación de las instalaciones.

Integrar las herramientas de modelado BIM estructural en los procesos de predimensionado, diseño, cálculo y comprobación de las estructuras.

Generar la documentación gráfica de un proyecto técnico a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM para cada fase del proceso.

Generar la documentación de especificaciones técnicas, presupuestarias y normativas de un proyecto técnico a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM.

Generar la documentación para la gestión de un proyecto de edificación a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM.

Gestionar la comunicación y el intercambio de información con sistemas/plataformas online entre equipos multidisciplinares.

A partir de este punto, el paso siguiente en el diseño de un PE sería asignar créditos a las materias/asignaturas y organizar su secuencia temporal.

Con respecto a la carga mínima en créditos que debe tener cada materia, lo será en función de que se trate de una asignatura de formación básica o específica; también si es semestral o anual. Todo ello está perfectamente explicitado en el artículo 12 del RD 1393/2007.

Y con respecto a su ubicación temporal el mismo artículo establece unos condicionantes que fuerzan a ofertar las materias de formación básica necesariamente en la primera mitad del título. En este sentido, y en lo que a las materias BIM de formación básica que esta tesis propone introducir se refiere, tenemos que hacer las siguientes recomendaciones:

- La asignatura que recogiese la materia de Economía en la que como se ha visto hemos introducido materia BIM, debería estar en el primer semestre. Aporta conocimientos que entendemos que el alumno debe empezar a adquirir desde el primer momento. Son los que deben proporcionarle una visión del modelo productivo BIM y permitirle enfrentarlo al tradicional que también debe serle presentado. El alumno debe adquirir ese conocimiento cuanto antes porque lo ha de concienciar del entorno de trabajo en el que se va a desenvolver a partir de ese momento. Lo pondrá en óptimas condiciones para asumir el resto de su aprendizaje.
- La asignatura de Expresión Gráfica que recoja la materia de Iniciación al manejo de herramientas BIM de modelado creemos que no debería estar más allá del segundo semestre. Podría tratarse como en la actualidad de una asignatura anual, pero debería ser de primer año. La asignatura podría contener materia básica de expresión gráfica que hiciese retrasar el inicio del manejo de herramientas de modelado BIM a la segunda parte, esto es, al segundo semestre. Esto nos parece adecuado.
- La asignatura de Derecho en la que se incluyese la materia sobre normativa específica BIM podría retrasarse hasta el cuarto semestre, el último en el que sería posible (se estaría a mitad del título). La normativa actual sobre

BIM es específica para la contratación pública y de momento no afecta a la gestión de los proyectos en ellos mismos. Sin embargo, en previsión de la futura aprobación de normas y estándares que pudiesen abordar temas más variados, y que los PE deberían ir incorporando a sus programaciones de manera natural, quizá sería más conveniente que esta asignatura de Derecho se mantuviese en el tercer semestre.

En cuanto a las materias de carácter específico y su distribución en el tiempo, no existe condicionante normativo que lo regule. Su disposición debe responder al carácter de las mismas y a las interrelaciones que se requiriesen entre ellas para optimizar el aprendizaje. Así:

- Las materias específicas de carácter instrumental y fundamental necesitan de la adquisición previa de las competencias correspondientes a módulos básicos a los que deben suceder. Pero a su vez suponen la base de las materias aplicadas e integradoras, a las que deben anteceder. Las asignaturas “tradicionales” de la titulación que responden a este carácter se ubicarían entre el tercer y quinto semestre.
- Las materias específicas de carácter aplicado requieren de la adquisición previa de las competencias propias de las materias básicas, instrumentales y fundamentales, y sirven de base para trabajar las competencias propias de las materias integradoras. Deberían encajarse de manera que hagan posible esta interrelación, y eso se traduce en que su ubicación ideal es entre el tercer y sexto semestre.
- Las materias de integración necesitan de la adquisición previa todas las demás que interaccionan entre sí en ellas. Su ubicación, por su carácter es entre el sexto y séptimo semestre.

Se puede observar en la Tabla 21 que en el PE del actual Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV se han seguido estas pautas.

PRIMER CURSO		S01	S02	SEGUNDO CURSO		S03	S04
Matemáticas I	Matemáticas II	4.50	6.00	Instalaciones I	Instalaciones II	6.00	6.00
Economía	Física	7.50	4.50	Legislación	Gestión Urbanística	6.00	4.50
Materiales de Construcción I	Materiales de Construcción II	6.00	4.50	Dibujo Arquitectónico II	Topografía	4.50	4.50
Geometría Descriptiva		9.00		Mecánica de Estructuras	Estructuras I	4.50	6.00

PRIMER CURSO		S01	S02	SEGUNDO CURSO		S03	S04
Dibujo Arquitectónico I		9.00		Materiales III		9.00	
Construcción I		9.00		Construcción II	Construcción III	4.50	4.50
TOTAL CRÉDITOS		60		TOTAL CRÉDITOS		60	
TERCER CURSO		S05	S06	CUARTO CURSO		S07	S08
Construcciones Históricas	Equipos de Obra	4.50	6.00	Construcción VI	Prácticas Externas	4.50	6.00
Estructuras II	Prevención y Seguridad I	6.00	4.50	Gestión Integral	Área de Intensificación	6.00	12.00
Optativa	Proyectos I	6.00	4.50	Organización	PFG	6.00	12.00
Calidad	Técnicas de Gestión Presupuestaria	6.00	6.00	Prevención y Seguridad II		4.50	
Construcción IV	Construcción V	4.50	6.00	Proyectos II		4.50	
	Ejecución de Obras		6.00	Peritaciones, Tasaciones y Valoraciones		4.50	
TOTAL CRÉDITOS		60		TOTAL CRÉDITOS		60	

Tabla 21. Organización secuencial de las asignaturas del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV. 2015. Elaboración propia

Si se analizan con detenimiento cada uno de los resultados de aprendizaje BIM propuestos vemos que su ajuste con la clasificación anterior no es tan directa como sería deseable para que la integración fuese sencillamente a través de asignaturas del grado actual o en su caso nuevas:

- Para poder llevarlos adelante es necesario, en primer lugar, la introducción de contenidos nuevos. Se trata de contenidos teóricos. Serán, por ejemplo, los relacionados con la normativa, que es específica de BIM pero que afecta directamente al sector de la construcción y a su gestión. También supondrá la introducción de conceptos propios de la metodología BIM y de sus fundamentos. Y fundamentalmente aspectos relacionados con el marco normativo y el modelo productivo.
- Por otra parte, aparecen otros contenidos nuevos relacionados con la utilización de la tecnología BIM. Son, en este caso, contenidos de carácter práctico. Deberían venir a sustituir/complementar a los relacionados con las herramientas tecnológicas que se utilizan actualmente y que se encuentran incluidas en la mayoría en los PE. Nos estamos refiriendo a las herramientas de expresión gráfica, de toma de datos, de cálculo, de generación de documentación de proyecto y de gestión del proceso edificatorio, etc. Pero que, además de sustituirlas, hagan posible el cambio

de metodología, esto es, la gestión de los proyectos edificatorios en entorno BIM, y a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio. Es decir, la propia tecnología es conocimiento aplicado e integrador. Supondrán un cambio tecnológico en toda regla y aportarán competencias nuevas al egresado.

- Por último, restan un grupo de RDA que tienen que ver con los procesos de gestión, y por tanto, con la metodología de trabajo que ya se indicaba en el RDAT que se introdujo en el punto anterior. Son RDA que integran conocimientos, aplicación de tecnología y que suponen la adopción de metodologías de trabajo directamente ligadas con la metodología BIM. Los fundamentos básicos de esta metodología son el trabajo colaborativo y cooperativo, la multidisciplinariedad, la integración de conocimientos, el flujo de la información y la concepción del proyecto como un todo de conocimiento integrado.

Entonces, a la pregunta sobre si podemos hacer aquella misma clasificación de las competencias BIM por su carácter y vincularlas a asignaturas de nueva creación propiamente dichas o incorporarlas a otras ya existentes, la respuesta es que no exactamente.

Por su carácter puramente conceptual, solo las que hemos ubicado en el módulo de formación básica tienen una ubicación clara y concreta. Pero si se analizan las demás se observa que, como competencias BIM que son, responden a los fundamentos de una metodología de trabajo que persigue un fin a corto, medio y largo plazo: el proyecto edificatorio en su totalidad. Y lo hace apoyándose en una tecnología que va evolucionando y variando a medida que ese objetivo se desarrolla: modelado, cálculo, análisis, simulación, etc. Y que dado que el objetivo es la gestión de la información en proyectos de edificación no tiene cabida si no es alimentándose de los conceptos y contenidos propios de la construcción. De esa manera el nivel de madurez BIM del alumno no se puede alcanzar si no es al tiempo que crece en su formación como arquitecto técnico experto en construcción.

¿Significa eso que todo lo que hemos estado diciendo hasta ahora no serviría de nada porque el alumno necesita cierto grado de madurez en construcción o edificación para poder iniciar su aprendizaje en BIM? Nosotros creemos que no.

El componente tecnológico de BIM, de gestión de toda la información de un proyecto en una base de datos paramétrica, en 3D, con un importante componente visual, convierte a esas herramientas de modelado en un medio para aprender

construcción. Estamos hablando de su utilización como una herramienta de construcción virtual.

En nuestra propuesta, en la que el objetivo es integrar BIM desde el primer momento en la formación del futuro arquitecto técnico, somos conscientes de que el manejo podría aparentemente resultar mucho más sencillo, o presentar una curva de aprendizaje más estrecha (más éxitos en menos tiempo) si el alumno poseyese ya conocimientos de construcción.

Tanto es así, que en el taller transversal que se realiza en la Universidad Europea de Madrid, y dado que se desarrolla en cuarto y quinto curso, la formación en el manejo de herramientas no está incluida. Recordemos que uno de sus responsables decía que *“esta formación es fácilmente asumible de manera autónoma por el estudiante fuera del aula y por su currículo tipo previamente definido en la titulación”*. (Jurado Egea, Liébana Carrasco et al. 2015)

Por su parte Sacks y Barak en 2010 cuentan su experiencia de introducción de BIM en una asignatura de primer curso y obligatoria, que nacía para sustituir a la anterior asignatura de Expresión Gráfica, totalmente obsoleta según ellos. En la nueva asignatura se formaba en el manejo de herramientas BIM muy elementales pero que permitía al alumno aprender aspectos conceptuales BIM como modelo, vistas, niveles, preparación para futuros análisis del modelo, conexiones, relaciones paramétricas, dependencias, etc. Y lo más importante es que por medio de la herramienta aprendían a modelar estructuras o construcciones sencillas mediante la elección de los objetos BIM correctos, y a aplicar de forma correcta las relaciones entre los objetos, es decir, que aprendían construcción. Después de 4 semestres desde la puesta en marcha de la asignatura, uno de los resultados más sorprendentes para los autores fue que los alumnos aprendían el manejo de la herramienta por ellos mismos, sin necesitar de todas las horas programadas en la guía de aprendizaje de la asignatura para ello, horas que podían emplear en otras competencias: *“los estudiantes encuentran herramientas BIM intuitivas y por lo tanto relativamente fáciles de aprender”* (Sacks, Barak 2010). Esta experiencia pone de manifiesto que las curvas de aprendizaje de construcción y de BIM pueden ser, si no la misma, paralelas con un intervalo de tiempo quizá menor que un semestre. La segunda conclusión que extrajeron de su experiencia fue que el cambio de paradigma estaba efectivamente en dejar de enseñar el manejo de una herramienta y pasar a enseñar ingeniería a través de la herramienta: *“la mayoría de las horas de clase ahora se dedican a los aspectos conceptuales de BIM y los*

principios para la preparación de los modelos para que después se puedan analizar de varias maneras". (Sacks, Barak 2010)

Sin embargo, como hemos dicho, y aun siendo conocedores de la experiencia de Sacks, (la de la UEM no es aplicable por producirse en los últimos niveles del grado), nosotros no contemplamos el dejar a alumnos de primer curso la total responsabilidad de formarse autónomamente en el manejo de las herramientas BIM de modelado. Pero, como hemos visto, esta situación podría cambiar con el tiempo y los responsables de los diseños de los contenidos podrían ajustarlo como hizo Sacks.

Después de esto, cuando se avanza en el proyecto y en el manejo y conocimientos de las herramientas de modelado y otras de cálculo y análisis, ese modelo se convierte en un banco de pruebas que permite al alumno ahora aprender sistemas constructivos, ejecución de obra, probar soluciones variadas hasta obtener la óptima o la más adecuada según el campo o el aspecto del proyecto que esté analizando, estructural, sostenibilidad, diseño, economía, cumplimiento de normativa, etc.

Podríamos decir pues, que una vez admitido que hay un conjunto de materias BIM de formación básica que el alumno puede adquirir como lo que son, de componente instrumental y fundamental, a partir de ahí las competencias BIM restantes han de adquirirse en materias de carácter eminentemente integrador pero no necesariamente a partir del tercer trimestre. Es más creemos que hay que iniciar al alumno en ello desde el principio. Y además, debería hacerse en un entorno multidisciplinar y colaborativo. Pasa pues por diseñar asignaturas o estructuras docentes que lo hagan posible desde primer curso.

En la actual estructura del PE de la ETSIE-UPV que hemos visto en la Tabla 21, las únicas asignaturas que nacieron con la intención de ser realmente integradoras fueron Ejecución de Obras (6º semestre) y Gestión Integral del Proceso (7º semestre), además del Proyecto Final de Grado (8º semestre).

El carácter integrador del PFG se garantiza porque su objeto debe estar incluido en unos bloques temáticos que con esa intención son previamente aprobados por la Comisión Académica del Título. Cuando nos referimos a materias de carácter integrador, no se puede olvidar que deben integrar tanto competencias específicas como transversales. La integración de las competencias específicas en el PFG es algo que debe garantizar en primera instancia la Comisión Académica del Título que debe aprobar la propuesta. Su cumplimiento, así como la integración de

competencias transversales se evalúa por el tribunal previamente y durante la defensa. En el caso de la ETSIE se han diseñado unas rúbricas para ello. Pero el PFG no puede resolver la integración de todos los contenidos y tampoco de todas las competencias transversales. De entrada el alumno trabaja de forma individual en la mayoría de los casos. Así pues debe haber en el grado otras asignaturas que lo integren.

En el caso de las otras dos, su aparición por primera vez en el PE del Título de Grado en Ingeniería de Edificación en el 2010 pretendía tener un carácter integrador desde la estructura de asignatura-taller²⁰³ multidisciplinar, integrador y colaborativo. Pero la realidad es la siguiente:

- En ambas asignaturas hay aporte de conocimientos. Esto dista bastante del concepto de “taller” de aplicación directa de conocimientos adquiridos con anterioridad en otras disciplinas a casos prácticos reales. Las clases de teoría suponen el 50 % del total.
- Ese aporte de conocimientos se resuelve mediante la sucesión en el tiempo de profesores provenientes de otras asignaturas que durante varias sesiones de clase trabajan con los alumnos los contenidos teóricos y prácticos que dicha disciplina debe aportar al taller. Cada uno de ellos propone de forma individual una actividad propia de su materia que evaluará él mismo y que tiene un peso determinado en el total de la nota del alumno. Con esta estrategia se resuelve la “multidisciplinariedad” en ambas asignaturas.
- Prácticamente todas las actividades a realizar durante el semestre giran alrededor de un mismo proyecto para todos los alumnos. Nos referimos a un mismo proyecto de ejecución (documento). Así, la “transversalidad” que perseguía en principio la asignatura se reduce a trabajar todas las disciplinas participantes sobre el mismo proyecto, pero sin ninguna otra conexión aparente más.
- La coordinación de la asignatura consiste en ambos casos en una reunión al inicio del curso en el que cada profesor aporta el enunciado de la tarea que va a proponer para que se publique conjuntamente, si es el caso, en la plataforma docente. El coordinador reparte las horas de docencia según un plan preestablecido que, salvo excepciones, se sucede sin cambio curso tras

²⁰³ No llevan el concepto taller explícitamente en su denominación pero sí implícitamente el carácter transversal y multidisciplinar al denominarse “ejecución de obras” y “gestión integral”. Además, podemos afirmar que durante el proceso de confección del Plan de Estudios de 2010 en la ETSIE-UPV, fueron muchos los intentos de diseñar ambas las asignaturas en este formato explícito.

curso. Las revisiones de este plan temporal, si las hay, suelen responder a ajustes por otros compromisos docentes de los profesores. Se realiza una segunda reunión para consensuar los contenidos de la prueba escrita de evaluación.

- Los alumnos por su parte trabajan en equipo. El equipo lo confeccionan ellos mismos a su conveniencia. El número máximo de componentes está tasado y varía según la asignatura, pero puede llegar a permitirse formar grupos de trabajo de dos personas. El trabajo colaborativo se reduce a esto y no se evalúa realmente esa competencia transversal. Ese trabajo lo desarrollan tanto en el aula como fuera de ella en las horas de trabajo autónomo del alumno. En esas horas de trabajo práctico en el aula está presente el profesor responsable de la disciplina que se trabaja en ese momento. Los alumnos esperan de él que resuelva dudas puntuales a la actividad que estén desarrollando pero no tienen por qué ser conscientes de que se les puede estar evaluando en su forma de trabajar, de relacionarse con los demás, de afrontar los problemas y presentar soluciones, etc. El profesor tampoco es consciente de que también está allí para ello. Esa competencia del docente no figura en la programación de la asignatura.
- Así que el trabajo de grupo se evalúa por entregas parciales o por la entrega del portafolio final, pero en ambos casos, como hemos dicho, se está evaluando únicamente ese resultado final. El seguimiento del trabajo del grupo, la adaptación a los compañeros y al proyecto común, la gestión del tiempo, el liderazgo, el pensamiento crítico, la forma de afrontar los problemas, la evolución del pensamiento a lo largo del semestre, etc., es decir, todas esas competencias transversales que la UPV define para todos sus títulos y que es en los talleres donde realmente se pueden evaluar, no se evalúa. La capacidad de comunicación oral no siempre se garantiza. La nota del grupo, respecto del trabajo realizado así, es la misma para todos los componentes y no se dispone de datos sobre la aportación de cada miembro al grupo. O, en todo caso, depende de la voluntad de cada profesor. En estas circunstancias el aspecto colaborativo de esta forma de trabajo solo se puede suponer.
- Al final del semestre se realiza un acto conjunto y nivelador de evaluación de conocimientos, (o varios parciales a lo largo del semestre) el cual se espera que contribuya al carácter “integrador” a la asignatura. En realidad

lo que hace es aportar a la nota global de alumno una parte conseguida de forma individual.

- Por último, la evaluación en estos términos difícilmente puede ser formativa, salvo, nuevamente, gracias a la voluntad de cada profesor. Sin un objetivo único, global, definido, un plan de entrega de evaluaciones parciales y de calificaciones de los trabajos, y criterios comunes de evaluación para todas las disciplinas intervinientes y todos los entregables, los alumnos difícilmente van a obtener el feedback necesario en tiempo y forma para que la evaluación de sus trabajos ya entregados revierta en la mejora de los que todavía no ha resuelto.
- De manera anecdótica añadir que se puede llegar a dar el caso de que en ellas se trabajen conceptos provenientes de disciplinas que no participan en la misma, esto es, cuyos docentes no tienen presencia en esa asignatura. Esto puede llevar a la disparidad de criterios frente a una misma cuestión entre disciplinas, el taller y otras, que el alumno está cursando al mismo tiempo, en el mismo semestre, con el consiguiente perjuicio para él.

Como resumen de este análisis, hacer notar al lector que la metodología de aprendizaje en ambos casos se ha reducido a:

- Clases expositivas.
- Actividades prácticas, que en algunas ocasiones pueden asimilarse al aprendizaje basado en problemas.
- Trabajo en equipo, aunque en ocasiones esto se reduce simplemente a “entregas de trabajo conjuntas”.
- Evaluación de los resultados del aprendizaje del alumno mediante exámenes escritos y test. En el caso de la parte práctica, se evalúa la práctica realizada, las conclusiones y las soluciones presentadas. En ninguno de los dos casos es posible evaluar la interacción durante el trabajo en grupo y todo lo que ello supone al respecto de las competencias transversales. En algunas ocasiones se realizan defensas orales.

La justificación de que esto haya ocurrido está en la propia Memoria de Verificación, en este caso de la ETSIE, pero que ocurre también en las demás en mayor o menor medida ya que, como se ha dicho varias veces a lo largo de esta tesis, el consenso para el Plan del 2010 entre las distintas escuelas fue muy significativo. La Memoria dice así:

...cada materia, por la naturaleza específica de sus contenidos diferenciadores, requerirá algunos aspectos metodológicos igualmente diferenciados...se ha procedido a asignar a todas las materias las metodologías docentes de Clases presenciales, Trabajos en grupo, Resolución de ejercicios y problemas y Tutoría mientras que, las metodologías de Estudio de casos, Aprendizaje basado en problemas o en proyectos y Simulaciones serán metodologías que, en el desarrollo concreto de las guías docentes de las asignaturas, podrán ser incorporadas en la planificación docente de cada una de ellas...

La evaluación de las asignaturas incluidas en la materia se realizará, con carácter general para cada una de ellas, atendiendo a pruebas escritas de respuesta abierta, pruebas objetivas y trabajos académicos. En función de las singularidades de cada asignatura de la materia, cada guía docente podrá recoger, en su caso, otros procedimientos de evaluación. (Universitat Politècnica de València 2009)

Llegados a este punto y

- conocidas las exigencias del EEES en cuanto a la formación en competencias, al aprendizaje a lo largo de la vida, al enfoque del aprendizaje a la resolución de problemas reales, y a la evaluación formativa;
- conocidas las competencias que requiere la formación en BIM hasta el nivel de madurez adecuado y su cuádruple y simultáneo carácter fundamental, aplicado, integrador y transversal;
- considerada la capacidad de la metodología y la tecnología BIM de reproducir por ellas mismas el proceso constructivo y las relaciones interpersonales en dicho proceso;
- y considerando que las competencias específicas de la titulación que figuraban en la Orden ECI no se han modificado sino complementado con las competencias BIM;

nuestra propuesta se va a concretar en una estrategia que evite que las Memorias, y consecuentemente los PE, dejen a los que diseñan las guías docentes o de aprendizaje de las asignaturas sin el tipo de orientación que necesitan, tanto en cuanto a las metodologías de aprendizaje como a los sistemas de evaluación, para

que sus programaciones curriculares sean efectivas a la hora de garantizar la integración efectiva de BIM.

Sin embargo, establecer una estrategia común para todos los títulos a este nivel no puede ser asumido, por su concreción, por la orden ministerial correspondiente. La orden solo habla de competencias específicas para hacer valer un título, no de enseñanza-aprendizaje. Ahora bien, igual que para las competencias BIM, sí que puede ordenar la puesta en marcha de otros mecanismos de menor rango que lo hagan posible. Que condicionen a los PE en otro nivel más concreto: el de las metodologías de enseñanza aprendizaje y los sistemas de evaluación. Puede hacer que las memorias de verificación dejen de ser tan conservadoras y que, escudándose en las particularidades de las asignaturas, dejen a ellas la responsabilidad de “innovación” en las metodologías docentes. Puede hacer que las asignaturas asuman la relación directa entre las metodologías y la adquisición de competencias específicas pero sobretodo de las transversales.

Esta estrategia debería figurar en la misma Guía Técnica de Integración BIM que se propuso en el apartado 10.1 de esta tesis, cuando se enumeraron los cinco pasos que conllevaría la modificación de la actual orden ministerial.

Recordemos que dicha propuesta surgía como respuesta a la necesidad de asesoramiento y apoyo técnico que, previsiblemente, necesitarían las entidades responsables de los títulos. Aludíamos al bajo nivel de formación de los docentes en la metodología, y a la incapacidad de las escuelas para formarlos a coste cero. Y eso podría poner en peligro la inclusión de contenidos BIM de forma eficiente en las asignaturas.

Esta falta de consciencia y madurez BIM por parte de las estructuras que deben finalmente diseñar los títulos podría poner en peligro también la forma de aprender BIM, esto es, la necesidad de que BIM se integre de forma completa, transversal, a través de las metodologías adecuadas. También peligraría que finalmente la adquisición de competencias BIM pudiera ser evaluada correctamente.

Por último, puede que se haga necesario concienciar a los miembros de esas estructuras del potencial de la metodología y la tecnología BIM en su conjunto como idioma y vehículo de enseñanza-aprendizaje. Recordemos aquella segunda conclusión que extrajo Sacks (2010) de su experiencia: decía que el cambio de paradigma estaba efectivamente en dejar de enseñar el manejo de una herramienta y pasar a enseñar ingeniería a través de la herramienta. En nuestro

caso preferimos decir, aprender construcción y gestión de proyectos de construcción a través de la metodología y lo que conlleva.

En aras de hacer el cambio lo más eficiente posible no es la intención de esta tesis darle un vuelco completo al Plan de Estudios vigente. Ya nos planteamos esa premisa cuando analizamos los posibles escenarios del cambio. En aquel momento se pretendía que el cambio fuera posible con el menor coste de esfuerzos y tiempo. En este punto, nuestro objetivo debe ser el mismo. La necesidad de técnicos formados es inminente, por tanto, las modificaciones deben ser viables para las escuelas. Y el obstáculo más importante al que se deben enfrentar es a la escasez de profesorado formado para “llevar BIM a las asignaturas”.

Es por ello que nuestra propuesta tratará de conseguir su objetivo de integración de BIM exigiendo a los PE los cambios estrictamente necesarios en tres aspectos:

1. El cambio de ubicación temporal necesaria de algunas asignaturas para su mejor adecuación a los objetivos de la nueva estructura. Estos cambios están íntimamente relacionados con su mayor ajuste a la secuencia lógica de la gestión de un proyecto edificatorio.
2. Modificar la carga docente de algunas asignaturas por la aparición de otras nuevas, con unos matices que se verán cuando se exponga la propuesta. Al contrario de lo que se decía más arriba, la intención será “llevar las asignaturas a BIM”.
3. Diseñar las nuevas asignaturas taller de manera que en su esencia supongan la integración no solo de contenidos BIM, lo cual ya se garantiza con la modificación de la Orden Ministerial, sino la integración de las formas de trabajo con BIM, a través de la adopción de las metodologías afines a ella: el Aprendizaje Basado en Proyectos.

En conclusión, nuestra propuesta se va a materializar en el diseño de un módulo vertical estructurado en talleres transversales por curso, en el que se trabaje con BIM apoyado en las asignaturas que irán al taller a aplicar sus contenidos al entorno BIM, por tanto multidisciplinares, en los que se trabaje de forma colaborativa la gestión de proyectos de construcción, de distinto nivel de complejidad en función del curso y del grado de madurez en construcción y en BIM de los alumnos, mediante el aprendizaje basado en proyectos (Figura 39).

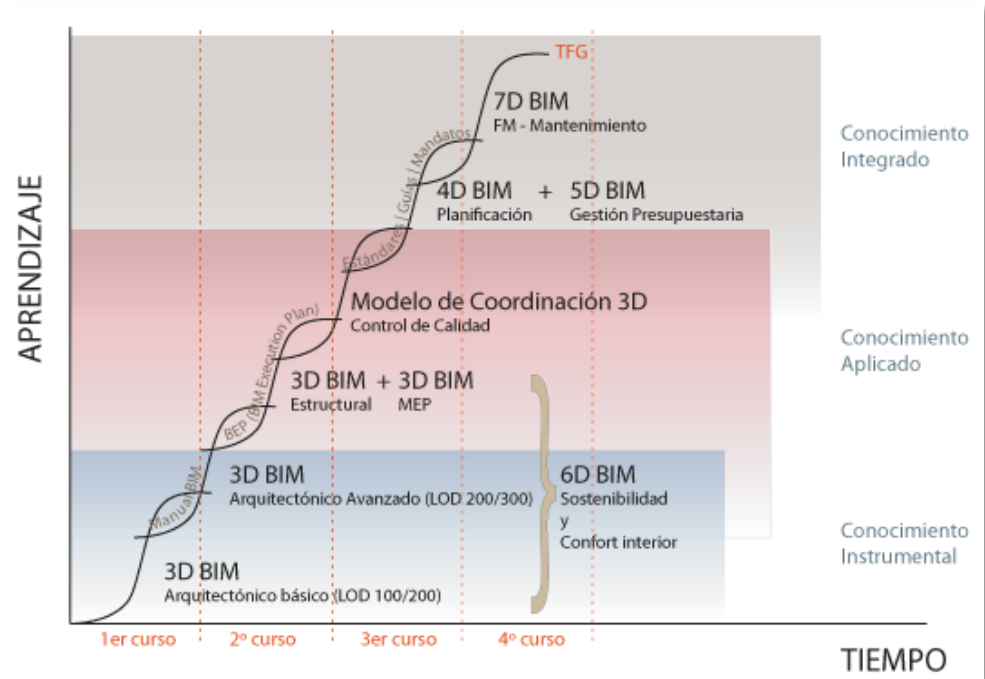


Figura 39. Sucesión de curvas sigmoideas del aprendizaje de BIM del estudiante AEC por curso. 2015. Elaboración propia.

10.3. Del plan de estudios a las asignaturas

“Cuando existe alineación entre lo que queremos, cómo enseñamos y cómo evaluamos, la docencia es mucho más efectiva que cuando no existe...las teorías tradicionales de enseñanza ignoraron esta alineación”. (Biggs 2003)

Se decía en el apartado anterior que las memorias de verificación de los títulos que se aprobaron para el Grado en Ingeniería de Edificación, y en concreto la de la ETSIE-UPV, habían sido muy conservadoras. No sería justo decir que ignoraron o no fueron conscientes del todo de “esa alineación” necesaria a la que se refiere Biggs en la cita, pero sí que da la impresión de que no quisieron imponerla de forma explícita con el objetivo de dar libertad a sus docentes y garantizar así una implantación tranquila y en tiempo del PE en cuestión.

Pero en nuestra opinión eso no fue del todo acertado en su momento, porque las guías docentes resultantes no siempre demuestran que aquellos lo entendieron o supieron aplicarlo correctamente. En algunas ocasiones más bien se hizo un simulacro o directamente se ignoró. Hay que reconocer que, aun en nuestros días, la preparación o formación del profesorado en cuanto a pedagogía universitaria no siempre es homogénea.

También hay que reconocer, aunque pueda parecer duro que, en ocasiones ni siquiera se acepta como una ciencia aplicada, y es entendida más como una filosofía con la que se puede o no estar de acuerdo. Y esto supone una rémora para la implantación de estas metodologías. Cuando la adecuada formación competencial de los egresados depende directamente de ello, es algo que se debe solucionar sin más demora.

Así, las memorias se habían limitado a asignar a todas las materias metodologías docentes como clases presenciales, con trabajos en grupo, resolución de ejercicios y problemas, y tutorías. Con respecto los procedimientos de evaluación, se hacía referencia a pruebas escritas de respuesta abierta, pruebas objetivas y trabajos académicos. Es decir, unas y otros que ya se empleaban con anterioridad a las exigencias de Bolonia para el EEES. Y así, en función de las singularidades de cada asignatura, dejaban que cada guía docente recogiese, en su caso, otras metodologías de aprendizaje y otros procedimientos de evaluación.

En nuestro intento de integración de la metodología BIM en los estudios de grado, consideramos que es precisamente la singularidad de la materia relacionada con la metodología BIM, y su aplicación al proceso constructivo y a la gestión de la información del mismo a lo largo del ciclo de vida del edificio, lo que hace imprescindible la aplicación de esas nuevas metodologías docentes para su adecuado aprendizaje. Y en el otro sentido, la metodología y la tecnología BIM facilitan la implantación de estas metodologías docentes y permiten reproducir en el aula el proceso de gestión de un proyecto. Y no hay por qué desaprovechar la

coyuntura. Hablamos de metodologías de enseñanza que, entre otras cosas, potencien el aprendizaje en competencias, autónomo del alumno, a lo largo de la vida, colaborativo. Que requieran de organización y de control de los flujos de trabajo, de iniciativa, de liderazgo y de gestión del tiempo. Que requieran de responsabilidad individual por el resultado u objetivo común, etc. Estamos hablando del aprendizaje basado en proyectos.

Todo ello presente en la esencia de la metodología BIM y en las exigencias de Bolonia, además de en las competencias transversales de la UPV y en las básicas de los estudios de grado según el RD 1393/2007. Así que es una oportunidad.

Y esa forma de aprendizaje, por su parte no puede ser efectiva sin un procedimiento de evaluación que lo haga posible, es decir, en que la propia evaluación contribuya a la construcción del conocimiento del alumno y le permita avanzar sobre seguro: la evaluación formativa. Además, el hecho de que BIM sea una metodología de gestión de la información de un proceso constructivo hace que la confluencia de múltiples disciplinas sea indispensable con lo cual aparece el concepto de transversalidad. De transversalidad como integración del conocimiento y de reproducción de las situaciones reales de la actividad profesional.

Todo esto confluye en lo que será nuestra propuesta que tiene su base en la redistribución-reducción de créditos ECTS de algunas de las asignaturas de la titulación. Esa reducción no sería tal sino que esos créditos, los contenidos y el trabajo del alumno y del profesor que suponen, se trasladarían al marco de:

- Una asignatura de carácter obligatorio por cada uno de los cursos del grado, en formato de taller transversal, de proyecto integrado e interdisciplinar. La aparición de estas cuatro nuevas asignaturas taller lleva implícita la aparición de un Módulo docente que las aglutina y al que hemos llamado Gestión de Proyectos con BIM.
- Los créditos del taller los aportan las asignaturas que participan en él y cuyos contenidos son necesarios para que BIM pueda ser integrado. La carga de dichos talleres por curso, para la integración de BIM con garantías, debería ser de 4 ECTS como mínimo para los talleres de primer y segundo, lo que supone un mínimo de 40 horas. Para los talleres de tercero y cuarto curso la carga mínima recomendable es de 6 ECTS, esto es, 60 horas por curso.
- El porcentaje con que las asignaturas de cada curso participan en el taller puede ser variable en función de la asignatura. Sin embargo, para asegurar

que el alumno toma conciencia de la participación real de contenidos tradicionales de construcción en la gestión de proceso con BIM, sería recomendable que cada asignatura participase en el taller con al menos el 15 % de sus créditos. De la misma manera para garantizar que la adquisición de los RDA propios de la asignatura se puede también alcanzar fuera del entorno BIM, el porcentaje máximo de cesión de ECTS por asignatura debería fijarse en el 25%. Este ajuste, sin embargo será la labor los nombrados responsables de cada una de las asignatura, incluido el taller, en el momento del diseño efectivo de cada PE.

- En los talleres se trabaja exclusivamente mediante aprendizaje basado en proyectos.
- En el proyecto interdisciplinar se desarrolla un proyecto edificatorio real, pasando por cada una de sus fases en función del curso pero con una secuencia temporal que reproducirá la gestión de un proyecto real a lo largo de la titulación. En él se integran de manera aplicada los conocimientos o competencias específicas de algunas de las asignaturas del curso. Y por otra parte, se integran también las competencias transversales asociadas al aprendizaje basado en proyectos, como son el trabajo en equipo, la resolución de conflictos, la comunicación oral y escrita, el trabajo autónomo, la gestión del tiempo, el pensamiento crítico, la toma de decisiones, la capacidad de análisis y de síntesis, etc.
- Cada una de las asignaturas participantes propondrá actividades que desarrollen sus contenidos en el entorno BIM dentro del marco del Proyecto integrado. Estas actividades deben estar basadas en aprendizaje basado en problemas.
- El taller necesitará del soporte de seminarios especializados que trabajen tres aspectos:
 - Contenidos sobre el propio funcionamiento del taller que permita asegurarse de que los estudiantes entienden los objetivos del curso e identifican las tareas necesarias.
 - Contenidos teóricos de las competencias transversales, como son trabajo en equipo, comunicación oral, preparación de documentos, acceso a los materiales de la asignatura a través de plataformas docentes, etc.
 - Contenidos específicos de la metodología BIM que no se puedan incluir en otras asignaturas.

- Los alumnos trabajan en grupo. El número de componentes del grupo de trabajo depende del curso. Se considera adecuado que el número de miembros sea menor en los primeros cursos (nunca menos de tres) para que su adaptación a esta forma de trabajo sea más efectiva, y que vaya incrementándose el número a medida que se avanza en los cursos. En tercero y cuarto el número aconsejable es 5. Para la selección de los miembros del grupo hay autores que aconsejan utilizar métodos como por ejemplo la prueba de Belbin, que permitan descubrir perfiles diferentes y así contribuir a la heterogeneidad del grupo y equilibrar el carácter global del mismo (Aznar, Zacarés et al. 2015). Evidentemente esto sería decisión del responsable de la asignatura, pero no se debería dejar de valorar una alternativa a que sean los propios alumnos los que decidan la composición de los equipos. Eso reproduciría más fielmente un entorno de trabajo real.
 - La estructura organizativa (Figura 40) está formada por el coordinador del taller, los profesores tutores de las asignaturas participantes y los equipos de trabajo de los alumnos. Como el taller se desarrolla en todos los cursos de la titulación hay también un coordinador del módulo.
 - El coordinador del proyecto realiza tareas de organización y control. Podría desempeñar este cargo una persona designada al efecto por el equipo directivo, tal como lo son ahora los Coordinadores de PFG, por ejemplo. También podría tratarse de una función desempeñada por uno de los coordinadores de taller que fuese cambiando rotativamente. En cualquier caso será un profesor con formación en BIM.
 - El coordinador de taller es el responsable de la asignatura, de su planificación temporal y de la coordinación de los equipos docentes para con las competencias que se desarrollarán en el curso. Coordina con ellos el calendario de actividades, el procedimiento y los criterios de evaluación. Es el que realiza el control de los progresos del grupo de trabajo en el proyecto. Pero, como profesor del taller, será el encargado de impartir en el mismo los contenidos BIM, empezando por la formación en el manejo de herramientas BIM, y el resto de seminarios sobre contenidos que no caben en otras asignaturas por requerir precisamente de un profesor formado en BIM.
- Según el criterio de la entidad responsable del título y por cuestiones organizativas, el coordinador de taller y el profesor encargado de la docencia de contenidos BIM (profesor BIM) en el taller podría ser personas distintas.

Por cuestiones académicas podría considerarse por parte de los coordinadores de proyecto y taller la posibilidad de que en ocasiones los seminarios específicos fueran impartidos por personal externo vinculado a la empresa y/o administración.

En otro orden de cosas, hay que añadir que desde el punto de vista meramente organizativo, algunos autores con experiencia en proyectos integrados recomiendan que exista un profesor suplente del coordinador de taller. (Aznar, Zacarés et al. 2015)

- El profesor tutor de cada asignatura participante establece junto con el coordinador del taller, qué competencias de su asignatura se van a trabajar en el taller. Prepara las actividades correspondientes que los alumnos han de realizar, y es él quien explica los objetivos de la misma a los grupos de trabajo. En las horas de docencia de su asignatura ha trabajado los contenidos correspondientes. Está presente en el aula en las horas de taller para asistir a los alumnos en la realización de la actividad propuesta desde el punto de vista de su asignatura. Desde la misma perspectiva participa en el diseño de la evaluación del taller. Él es el que evalúa los progresos del grupo desde el punto de vista de su asignatura. No se le requiere formación en BIM aunque sería deseable un mínimo nivel de apreciación y concienciación, así como de conocimientos de los fundamentos básicos de la metodología.
- En este tipo de proyectos académicos en ocasiones se ha utilizado otra figura de apoyo a los grupos de trabajo. Nos referimos al alumno mentor. Es un alumno de cursos superiores, preferiblemente de último curso, con experiencia previa en el proyecto porque ya ha participado en el taller en cursos anteriores. Es recomendable además que haya recibido formación adicional en motivación, reparto de responsabilidades, etc., y haya demostrado habilidades de liderazgo (Aznar, Zacarés et al. 2015). Su función es la de la supervisión del trabajo del grupo (planificación, realización del trabajo, entregas, reuniones, etc.), además de intervenir como mediador de conflictos y colaborar en la revisión del progreso general de grupo con el coordinador.

Esta figura lógicamente no puede aparecer hasta después de tres años de la implantación por primera vez de la metodología. Además, es una figura poco conocida en nuestra tradición académica que se presupone difícil de integrar en la estructura organizativa del taller. En las universidades españolas sí que existe la figura del alumno-tutor pero no se le requiere

una presencia tan determinante en el trabajo del alumno tutorizado. Es más un tutor social que un tutor académico, o al menos no le acompaña en el aula.

Independientemente de esto, si no se cuenta con alumnos preparados para ser mentores, creemos que es aconsejable prescindir de esta figura.

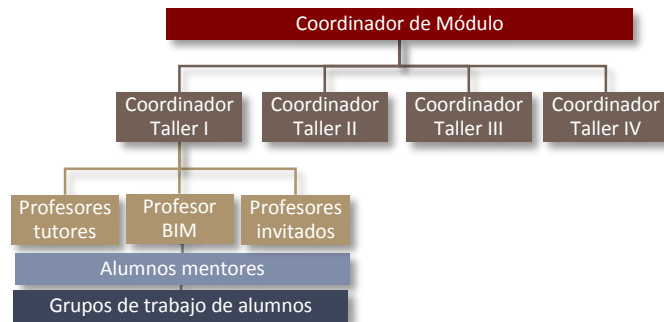


Figura 40. Organización funcional de Talleres de Gestión de Proyectos con BIM. 2015.
Elaboración propia

- La adquisición de los resultados de aprendizaje tanto específicos como transversales se debe evaluar mediante evaluación formativa. Debe permitir evaluarlos como equipo de trabajo, pero también por su aportación individual al mismo y por su aprendizaje particular. Y sobre todo debe proporcionar al alumno un feedback que le reporte reflexión y nuevamente conocimiento que pueda aplicar en lo sucesivo, a lo largo de la vida del proyecto o de la suya propia.
- Todas las evaluaciones se llevan a cabo siguiendo unas rúbricas de evaluación consensuadas y elaboradas por los coordinadores y los profesores tutores. Los procedimientos y criterios de evaluación deben ser conocidos por los alumnos. Además de públicos, esos criterios deben ser uniformes para todas las asignaturas que participan en el taller. El coordinador del taller junto con los profesores tutores de las asignaturas elaborarán las rúbricas de evaluación, una para cada uno de los posibles apartados de la evaluación (proyecto, defensa oral, etc.) que pudiesen diseñarse.
- El alumno recibe una única nota por su trabajo en el taller, la cual es la suma de la nota obtenida por el equipo y su nota individual. Esta nota refleja el nivel en el que se han adquirido las competencias específicas y

transversales asociadas al proyecto. Se debe calcular pues, a partir de las actividades parciales de las asignaturas, de la presentación del proyecto y la defensa oral del mismo, la defensa individual y la evaluación que se haya llevado a cabo del proceso individual de cada alumno. El peso de cada uno de estos aspectos en la nota del alumno lo decidirá el equipo docente (coordinador y profesores tutores). La nota obtenida en el taller se integra en la nota de cada asignatura participante en el mismo porcentaje en el que la asignatura en cuestión aporta créditos al taller.

En otro orden de cosas, este enfoque de trabajo convertiría a esta asignatura en punto de control de las competencias transversales de la titulación, lo cual presenta dos ventajas:

- Se podrían evaluar en ella la adquisición de las competencias transversales que en la asignatura integradora por definición hasta ahora, el PFG, no se podían evaluar por desarrollarse de forma individual y dirigido por un solo profesor. No se garantizaba pues la adquisición de algunas de las transversales a la finalización de los estudios.
- El resto de asignaturas podrían continuar con un diseño de contenidos, metodologías de aprendizaje y procedimientos de evaluación sin demasiados cambios respecto de lo que se esté haciendo en las programaciones actuales. Ello haría menos drástico el cambio y se podrían centrar mayores esfuerzos en el diseño de la asignatura transversal.

PRIMER CURSO		S01	S02
Matemáticas I	Matemáticas II	4.50	6.00
Economía	Física	7.50	4.50
Materiales de Construcción I	Materiales de Construcción II	6.00	4.50
Geometría Descriptiva		9.00	
Dibujo Arquitectónico I		9.00	
Construcción I		9.00	
Gestión de Proyectos con BIM. Taller I			
TOTAL CRÉDITOS		30+30	

SEGUNDO CURSO		S03	S04
Instalaciones I	Instalaciones II	6.00	6.00
Legislación	Gestión Urbanística	6.00	4.50
Dibujo Arquitectónico II	Topografía	4.50	4.50
Mecánica de Estructuras	Estructuras I	4.50	6.00
Materiales III		9.00	

SEGUNDO CURSO		S03	S04
Construcción II	Construcción III	4.50	4.50
Gestión de Proyectos con BIM. Taller II			
TOTAL CRÉDITOS		30+30	

TERCER CURSO		S05	S06
Construcciones Históricas	Equipos de Obra	4.50	6.00
Estructuras II	Prevención y Seguridad I	6.00	4.50
Optativa	Proyectos I	6.00	4.50
Calidad	Técnicas de Gestión Presupuestaria	6.00	6.00
Construcción IV	Construcción V	4.50	6.00
	Ejecución de Obras		6.00
Gestión de Proyectos con BIM. Taller III			
TOTAL CRÉDITOS		27+33	

CUARTO CURSO		S07	S08
Construcción VI	Prácticas Externas	4.50	6.00
Gestión Integral	Área de Intensificación	6.00	12.00
Organización	PFG	6.00	12.00
Prevención y Seguridad II		4.50	
Proyectos II		4.50	
Peritaciones, Tasaciones y Valoraciones		4.50	
Gestión de Proyectos con BIM. Taller III			
TOTAL CRÉDITOS		30+30	

Tabla 22. Avance de propuesta de Asignaturas del PE. 2015. Elaboración propia

10.4. Diseño de una propuesta: Gestión de proyectos con BIM. Taller multidisciplinar

La aplicación de todas estas premisas que se proponen para la integración de la metodología Building Information Modeling en la estructura del Plan de Estudios que se aprobó en el año 2010 para el Título de Grado en Ingeniería de Edificación en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València, da como resultado la siguiente estructura de talleres transversales y multidisciplinarios.

DENOMINACIÓN DEL MÓDULO: Gestión de proyectos con BIM

CARÁCTER: Obligatorio

DESCRIPCIÓN: Este proyecto interdisciplinar se desarrolla a lo largo de toda la titulación. Consiste en la gestión integral de la información de un proyecto edificatorio con metodología BIM. En este contexto se entiende el concepto proyecto como la totalidad de las fases del mismo a lo largo de toda su vida, desde antes de iniciar el diseño, hasta la gestión de los residuos resultantes de su demolición una vez concluido todo su ciclo de vida ciclo de vida. Y se hace mediante la metodología de aprendizaje basado en proyectos y seminarios específicos, sobre un proyecto edificatorio real, pasando por cada una de sus fases en función del curso lectivo, y siguiendo la secuencia temporal lógica que reproduce la gestión de un proyecto real a lo largo de la titulación.

NIVELES DE DESARROLLO DE PROYECTO			PROCESO BIM		MODELO TRADICIONAL	GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA
AIA (EEUU)	PAS 1192-2 (RU)	BSSCH (ESPAÑA)	DIMENSIONES BIM		MODELO TRADICIONAL	ESTRUCTURA DEL PLAN DE ESTUDIOS
LOD 100	Brief	Necesidades y Objetivos	¿ Modelo		Anteproyecto	1 ^{er} CURSO
		Estudio de Alternativas	3D BIM	6D BIM		
LOD 200	Concept Definition	Diseño Inicial			Proyecto Básico	
LOD 300	Design	Diseño Detallado (1)			4D BIM	
LOD 400	Build and Comission (1)	Diseño Detallado (2)	5D BIM			
	Build and Comission (2)	Licitación y Contratación	7D BIM	Libro del Edificio / Protocolo de Mantenimiento		
LOD 500	Handover and Close-out	Construcción				
	Operation and In-use	Puesta en Funcionamiento		3 ^{er} CURSO + 4 ^o CURSO		

Figura 41. Relación LOD/D BIM/Modelo Tradicional/Plan de estudios. 2015. Interpretación propia de la correspondencia entre fases.

En él se integran de manera aplicada los conocimientos o competencias específicas de algunas de las asignaturas participantes de cada curso y las competencias específicas de la metodología BIM que se pretende integrar. Y por otra parte, se integran también las competencias transversales asociadas al aprendizaje basado en proyectos, como son el trabajo en equipo, la resolución de conflictos, la

comunicación oral y escrita, el trabajo autónomo, la gestión del tiempo, el pensamiento crítico, la toma de decisiones, la capacidad de análisis y de síntesis, etc.

Se divide en cuatro asignaturas-taller una en cada curso de la titulación. A efectos del nivel de definición a exigir en los entregables de cada uno de los talleres mantenemos la correspondencia utilizada en la Figura 3 y que aquí (Figura 41) se complementa con el nivel correspondiente del Plan de estudios.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DEL MÓDULO GESTIÓN DE PROYECTOS CON BIM:

- Distinguir el modelo productivo tradicional en construcción del modelo productivo BIM e identificar las ventajas y beneficios en eficacia, eficiencia, productividad, competitividad e innovación que ofrece trabajar en entornos BIM. Identificar la oportunidad de integrar BIM en la gestión de procesos constructivos.
- Identificar los fundamentos de la metodología BIM frente a la metodología tradicional en la gestión integral de proyectos.
- Interpretar los fundamentos, reglas de funcionamiento, beneficios e implicaciones del trabajo colaborativo.
- Interpretar los contenidos del marco normativo internacional, europeo y estatal para el desarrollo y la gestión de proyectos en BIM.
- Identificar los nuevos roles profesionales necesarios para la gestión de proyectos edificatorios en entorno BIM.
- Interpretar las relaciones contractuales entre los agentes participantes en el proyecto edificatorio en entorno BIM.
- Describir los fundamentos y contenidos del Plan de Ejecución BIM para su adopción en el trabajo colaborativo en un entorno BIM.
- Describir las estrategias de implantación de la metodología BIM en una organización.
- Interpretar la intervención de otras metodologías de gestión colaborativa de proyectos en la gestión de proyectos en entorno BIM.
- Utilizar las herramientas de modelado BIM hasta los niveles de detalle y desarrollo que requiera cada fase del proyecto edificatorio.
- Utilizar las herramientas de análisis y cálculo BIM que se requieran en cada fase de proyecto.
- Utilizar las herramientas de simulación BIM que se requieran en fase organización y ejecución de obra.

- Utilizar los formatos de intercambio de información entre sistemas BIM interoperables.
- Aplicar las normas y reglas para la estandarización del trabajo colaborativo y multidisciplinar en BIM.
- Utilizar sistemas BIM de componentes preconfigurados y crear elementos personalizados.
- Manejar bases de datos paramétricas: crear, mantener y gestionar bases de datos paramétricas.
- Integrar las herramientas BIM 4D en los procesos de organización, programación y control de obras, así como su utilización en la simulación de procesos para su optimización.
- Integrar las herramientas BIM 5D en los procesos de gestión presupuestaria del proyecto edificatorio.
- Integrar las herramientas BIM 6D en el análisis y mejora del rendimiento energético y sostenibilidad medioambiental del proyecto edificatorio.
- Integrar las herramientas de modelado BIM de instalaciones en los procesos de predimensionado, diseño, cálculo y comprobación de las instalaciones.
- Integrar las herramientas de modelado BIM estructural en los procesos de predimensionado, diseño, cálculo y comprobación de las estructuras.
- Generar la documentación gráfica de un proyecto técnico a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM para cada fase del proceso.
- Generar la documentación de especificaciones técnicas, presupuestarias y normativas de un proyecto técnico a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM.
- Generar la documentación para la gestión de un proyecto de edificación a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM.
- Gestionar la comunicación y el intercambio de información con sistemas/plataformas online entre equipos multidisciplinares.

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO EN LOS TALLERES POR CURSO: En cualquiera de los cuatro talleres por curso el procedimiento de trabajo es el mismo. Variarán los objetivos del taller, las asignaturas que participan, las actividades que ellas programan, y los contenidos de los seminarios, pero las etapas que se deben ir cubriendo son las detalladas en la Figura 42. El diseño del procedimiento está basado en una experiencia de proyecto integrado llevada a cabo en la Universidad

La Florida en los primeros cursos de los Grados de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica (Aznar, Zacarés et al. 2015) durante el curso 2010-11.

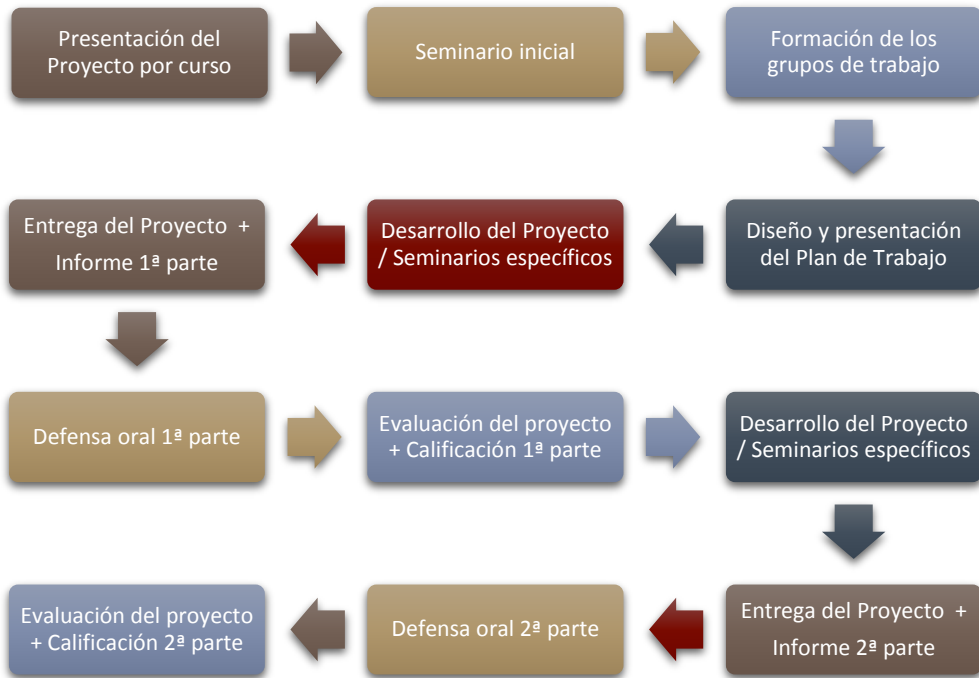


Figura 42. Procedimiento de trabajo en los Talleres de Gestión de Proyectos con BIM. 2015. Elaboración propia

ORGANIZACIÓN FUNCIONAL: El Coordinador del Proyecto, encargado de las tareas de organización y control, será una persona designada al efecto por el equipo directivo, o en su caso, desempeñará esta función uno de los coordinadores de curso que irá cambiando rotativamente cada curso lectivo.

PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN: La evaluación es continua, basada en el seguimiento de los avances del proyecto e incluye la evaluación de:

- Plan de Trabajo (%)
- Proyecto (%)
- Defensa oral del proyecto (%)
- Proceso individual del alumno (%)

Las tres primeras partes son comunes para todos los miembros del grupo. Los porcentajes con los que cada uno de estos aspectos entra a formar parte de la nota

del alumno no se pueden determinar con exactitud sino hasta la completa definición de las asignaturas participantes y del porcentaje en el que participan en cada taller. Tampoco hasta el diseño inicial de las actividades propuestas por cada una de ellas. Todo ello quedará definido en la Guía Docente en su momento que será redactada por el Coordinador con la asistencia de los profesores tutores.

Todos los miembros del grupo participan en la defensa pero se evalúa de forma individual. La presentación del Proyecto incluye la entrega del Informe del Seguimiento del Plan de Trabajo.

DENOMINACIÓN DE LA ASIGNATURA: Gestión de Proyectos con BIM. Taller I

CARÁCTER: Obligatorio

ORDEN SECUENCIAL: Semestres 01 y 02

DESCRIPCIÓN: Este proyecto interdisciplinar se desarrolla a lo largo de los dos semestres del primer curso. El objetivo principal es el modelado de una construcción de carácter residencial con herramientas de modelado BIM a partir de objetos y elementos genéricos de la plataforma utilizada. Se partirá de un programa de necesidades proporcionado por el coordinador del taller. Deberá justificarse la viabilidad urbanística, normativa y económica de la solución adoptada. Así mismo deberá justificarse la solución funcional y constructiva básica. Al final del curso el grupo de trabajo debe haber sido capaz de llegar a un nivel de desarrollo de proyecto suficiente (LOD100/200) que les permita elaborar toda la documentación que lo defina gráfica y dimensionalmente (mediante el uso de tablas de planificación), y que permita justificar el cumplimiento de la normativa urbanística que le afectase. Esto es, la documentación gráfica preceptiva para un proyecto básico.

Dicho proyecto se acompañará en el momento de la entrega de las actividades que paralelamente hayan programado los profesores tutores.

El trabajo del grupo se iniciará con la elaboración de un Manual BIM - Plan de Trabajo que deberá ser revisado por el alumno mentor, en su caso, y aprobado por el coordinador del taller.

Al finalizar cada semestre, el grupo de trabajo entregará igualmente el plan preestablecido en su versión Informe del Seguimiento del Plan de Trabajo con todas las anotaciones necesarias que hagan referencia al cumplimiento del plan, a las

incidencias ocurridas, observaciones realizadas por el coordinador, resultados de las evaluaciones de los profesores tutores, etc.

ASIGNATURAS PARTICIPANTES: Para ello es necesario integrar de manera aplicada conocimientos o competencias específicas de las siguientes asignaturas:

- Dibujo Arquitectónico I
- Geometría Descriptiva
- Economía
- Construcción
- Gestión urbanística

Y por otra parte, se integran también las competencias transversales asociadas al aprendizaje basado en proyectos, como son el trabajo en equipo, la resolución de conflictos, la comunicación oral y escrita, el trabajo autónomo, la gestión del tiempo, el pensamiento crítico, la toma de decisiones, la capacidad de análisis y de síntesis, etc.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS BIM:

- Distinguir el modelo productivo tradicional en construcción del modelo productivo BIM e identificar las ventajas y beneficios en eficacia, eficiencia, productividad, competitividad e innovación que ofrece trabajar en entornos BIM. Identificar la oportunidad de integrar BIM en la gestión de procesos constructivos.
- Identificar los fundamentos de la metodología BIM frente a la metodología tradicional en la gestión integral de proyectos.
- Utilizar las herramientas de modelado BIM hasta los niveles de detalle y desarrollo que requiera cada fase del proyecto edificatorio (LOD100/200 para este taller).
- Utilizar sistemas BIM de componentes preconfigurados.
- Manejar bases de datos paramétricas: conocimiento básico.
- Generar la documentación gráfica de un proyecto técnico a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM para cada fase de proyecto.
- Interpretar los fundamentos, reglas de funcionamiento, beneficios e implicaciones del trabajo colaborativo.
- Gestionar la comunicación y el intercambio de información con sistemas/plataformas online entre equipos multidisciplinares.

ORGANIZACIÓN FUNCIONAL: La estructura del taller estará compuesta por:

1. Coordinador de Proyecto
2. Coordinador de Taller
3. Profesores tutores
4. Equipos de Trabajo: Formados por tres alumnos.
5. Alumno mentor (en su caso)

PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN: La evaluación es continua, basada en el seguimiento de los avances del proyecto e incluye la evaluación de:

- Plan de Trabajo (%)
- Proyecto (%)
- Defensa oral del proyecto (%)
- Proceso individual del alumno (%)

CRITERIOS DE EVALUACIÓN: En este apartado se incluyen las rúbricas de evaluación que el profesorado coordinador y tutor utilizará durante el proceso de evaluación. Han sido elaboradas por el coordinador del taller junto con los profesores tutores de las asignaturas. Se ha elaborado una para cada uno de los anteriores ítems evaluables.²⁰⁴

AJUSTE NECESARIO PARA LA ADECUACIÓN DE LAS ASIGNATURAS AL TALLER I

Para el caso del Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV, que es el que estamos tomando como referencia en esta tesis, el ajuste necesario para su adecuación a las necesidades del Taller I se ha resuelto en la Tabla 23.

Como se observa se han realizado unos cambios necesarios que han consistido en:

- Alternar la ubicación temporal de Gestión Urbanística por Materiales II.

- Aprovechar la necesidad de mantener la carga de los semestres en 30 ECTS para reforzar con 1,50 ECTS más a Dibujo Arquitectónico II en el tercer semestre en previsión de que será necesario para el Taller II.

²⁰⁴ Estos tres últimos apartados, es decir, Organización Funcional, Procedimientos de Evaluación y Criterios de Evaluación, se repiten para el resto de los talleres de los cursos siguientes. Es por ello que en la descripción detallada del resto de ellos se van a obviar.

- Convertir Legislación en una asignatura anual manteniendo su carga en créditos a resultas de la misma necesidad de ajustar los ECTS semestrales.

Con estos cambios se cubren las necesidades del Taller I y se siguen cumpliendo los requerimientos del RD 1393/2007 y del Documento Marco de Diseño de Titulaciones en cuanto a distribución y tamaño mínimo de las asignaturas para los estudios de grado.

Se observa además que no se ha definido la carga en ECTS de los Talleres Gestión de Proyectos con BIM. Como se dijo en el apartado 10.3, esta será la labor los nombrados responsables de cada una de las asignatura, incluido el taller, en el momento del diseño efectivo de cada PE.

PLAN DE ESTUDIOS ACTUAL ETSIE-UPV							
PRIMER CURSO		S01	S02	SEGUNDO CURSO		S03	S04
Matemáticas I	Matemáticas II	4.50	6.00	Instalaciones I	Instalaciones II	6.00	6.00
Economía	Física	7.50	4.50	Legislación	Gestión Urbanística	6.00	4.50
Materiales de Construcción I	Materiales de Construcción II	6.00	4.50	Dibujo Arquitectónico II	Topografía	4.50	4.50
Geometría Descriptiva		9.00		Mecánica de Estructuras	Estructuras I	4.50	6.00
Dibujo Arquitectónico I		9.00		Materiales III		9.00	
Construcción I		9.00		Construcción II	Construcción III	4.50	4.50
TOTAL CRÉDITOS		30+30		TOTAL CRÉDITOS		30+30	



ADAPTACIÓN NECESARIA							
PRIMER CURSO		S01	S02	SEGUNDO CURSO		S03	S04
Matemáticas I	Matemáticas II	4.50	6.00	Instalaciones I	Instalaciones II	6.00	6.00
Economía	Física	7.50	4.50	Legislación		6.00	
Materiales de Construcción I	Gestión Urbanística	6.00	4.50	Dibujo Arquitectónico II	Topografía	6	4.50
Geometría Descriptiva		9.00		Mecánica de Estructuras	Estructuras I	4.50	6.00
Dibujo Arquitectónico I		9.00		Materiales II	Materiales III	6	6
Construcción I		9.00		Construcción II	Construcción III	4.50	4.50
Gestión de Proyectos con BIM. Taller I		A determinar		Gestión de Proyectos con BIM. Taller II		A determinar	
TOTAL CRÉDITOS		30+30		TOTAL CRÉDITOS		30+30	

Tabla 23. Ajuste del Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV. Primer y segundo curso. 2015. Elaboración propia

DENOMINACIÓN DE LA ASIGNATURA: Gestión de Proyectos con BIM. Taller II

CARÁCTER: Obligatorio

ORDEN SECUENCIAL: Semestres 03 y 04

DESCRIPCIÓN: Este proyecto interdisciplinar se desarrolla a lo largo de los dos semestres de segundo curso. Supone una continuación del Taller I que se desarrolló en los dos semestres de primer curso.

Durante el tercer semestre se completará el modelado del edificio del proyecto hasta alcanzar un nivel de desarrollo LOD200. Se tratará el modelo con técnicas de texturizado, visualización e infografía. Se progresará en la incorporación al modelo de información sobre las características materiales y constructivas del edificio en cuanto a su envolvente hacia lo que habrá de ser el modelo con LOD300 más adelante. Al final del semestre el alumno debe ser capaz de elaborar la documentación que describa al edificio desde el punto de vista dimensional, formal, de acabados, etc., con las imágenes y la información en cuanto a dimensiones, calidad de acabados, etc., adecuada para su posible publicidad y venta.

Durante el cuarto semestre, el modelo debe avanzar en su definición hacia un nivel de desarrollo LOD300 en cuanto a definición constructiva detallada de su envolvente. El avance más notable en este taller será el diseño de la estructura y las instalaciones con los software adecuados. Se preparará el modelo estructural y

MEP para el análisis y cálculo de la estructura y las instalaciones del edificio respectivamente en los siguientes semestres.

Definidas las envolventes se realizarán simulaciones y análisis iniciales del edificio en cuanto a su comportamiento energético. Esto es, el alumno tomará sus primeros contactos con BIM 6D.

Al final del cuarto semestre el grupo de trabajo debe haber sido capaz de llegar a un nivel de desarrollo de proyecto suficiente que les permita elaborar toda la documentación que lo defina gráfica, dimensional y constructivamente. Es decir, la documentación preceptiva para un proyecto de ejecución en su fase arquitectónica.

El trabajo del grupo se iniciará con un Manual BIM - Plan de Trabajo que deberá ser revisado por el alumno mentor, en su caso, y aprobado por el coordinador del taller.

Al finalizar el semestre el grupo de trabajo entregará igualmente el Plan preestablecido en su versión Informe del Seguimiento del Plan de Trabajo con todas las anotaciones necesarias que hagan referencia al cumplimiento del plan, a las incidencias ocurridas, observaciones realizadas por el coordinador, resultados de las evaluaciones de los profesores tutores, etc.

ASIGNATURAS PARTICIPANTES: Para ello es necesario integrar de manera aplicada conocimientos o competencias específicas de las siguientes asignaturas:

- Dibujo Arquitectónico II
- Topografía
- Estructuras I
- Legislación
- Construcción II y III²⁰⁵
- Instalaciones II
- Materiales II y III

Y por otra parte, se integran también las competencias transversales asociadas al aprendizaje basado en proyectos, como son el trabajo en equipo, la resolución de conflictos, la comunicación oral y escrita, el trabajo autónomo, la gestión del tiempo, el pensamiento crítico, la toma de decisiones, la capacidad de análisis y de síntesis, etc.

²⁰⁵ Cubiertas y azoteas y Particiones y fachadas respectivamente.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS BIM:

- Interpretar los contenidos del marco normativo internacional, europeo y estatal para el desarrollo y la gestión de proyectos en BIM.
- Identificar los nuevos roles profesionales necesarios para la gestión de proyectos edificatorios en entorno BIM.
- Interpretar las relaciones contractuales entre los agentes participantes en el proyecto edificatorio en entorno BIM.
- Utilizar las herramientas de modelado y de visualización BIM hasta los niveles de detalle y desarrollo que requiera cada fase del proyecto edificatorio (LOD300 para este taller)
- Manejar bases de datos paramétricas: conocimiento medio.
- Utilizar sistemas BIM de componentes preconfigurados y personalizados. Inicio a la creación de componentes personalizados.
- Integrar las herramientas de modelado BIM de instalaciones en los procesos de predimensionado y diseño de las instalaciones.
- Integrar las herramientas de modelado BIM estructural en los procesos de predimensionado y diseño de las estructuras.
- Integrar las herramientas BIM 6D en el análisis y mejora del rendimiento energético y sostenibilidad medioambiental del proyecto edificatorio
- Generar la documentación gráfica de un proyecto técnico a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM para cada fase de proyecto.
- Interpretar los fundamentos, reglas de funcionamiento, beneficios e implicaciones del trabajo colaborativo.
- Gestionar la comunicación y el intercambio de información con sistemas/plataformas online entre equipos multidisciplinares.

AJUSTE NECESARIO PARA LA ADECUACIÓN DE LAS ASIGNATURAS AL TALLER II

Para el caso del Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV, que es el que estamos tomando como referencia en esta tesis, el ajuste necesario para su adecuación a las necesidades del Taller II ya se resolvió con el ajuste necesario para el Taller I. De manera que el segundo curso quedaría como se ve en la Tabla 24.

SEGUNDO CURSO		S03	S04
Instalaciones I	Instalaciones II	6.00	6.00
Legislación		6.00	
Dibujo Arquitectónico II	Topografía	6.00	4.50
Mecánica de Estructuras	Estructuras I	4.50	6.00
Materiales II	Materiales III	6.00	6.00
Construcción II	Construcción III	4.50	4.50
Gestión de Proyectos con BIM. Taller II		A determinar	
TOTAL CRÉDITOS		30+30	

Tabla 24. Ajuste del Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV. Segundo curso. 2015. Elaboración propia

DENOMINACIÓN DE LA ASIGNATURA: Gestión de Proyectos con BIM. Taller III

CARÁCTER: Obligatorio

ORDEN SECUENCIAL: Semestres 05 y 06

DESCRIPCIÓN: Este proyecto interdisciplinar se desarrolla a lo largo de los dos semestres de tercer curso. Supone una continuación de los Talleres I y II que se desarrollaron en los cuatro semestres anteriores.

Durante el quinto semestre se realizará el cálculo, análisis y dimensionado de la estructura y las instalaciones del edificio. Para ello se utilizarán herramientas de cálculo interoperables con los software de modelado utilizados por el alumno hasta ahora.

Se integrará el resultado de los cálculos y dimensionados de estructura e instalaciones en el modelo arquitectónico. Se analizará la compatibilidad funcional y dimensional de los tres modelos, arquitectónico, estructural y de instalaciones. Finalmente se dará solución a los posibles conflictos surgidos entre cada modelo y los demás, y se realizarán los ajustes necesarios en el todos ellos.

Definidas las instalaciones podrá avanzarse en BIM 6D, esto es, en las simulaciones y análisis del edificio en cuanto a su comportamiento energético. Así el alumno madurará la definición constructiva del edificio teniendo en cuenta los resultados de estos análisis.

Se progresará en la incorporación al modelo de información sobre las características de los materiales y las soluciones constructivas para los tres modelos.

Al final del quinto semestre el grupo de trabajo debe haber sido capaz de llegar a un nivel de desarrollo de proyecto suficiente que les permita elaborar la documentación gráfica, constructiva y técnica preceptiva para un proyecto de ejecución incluyendo su fase estructural y de instalaciones.

Durante el sexto semestre, se trabajará sobre la parte del proyecto de ejecución que restaría elaborar: las mediciones y el presupuesto del mismo. El alumno manejará tablas de planificación e integrará el uso de software interoperables de gestión presupuestaria de proyectos edificatorios. Al final del sexto semestre el alumno habrá completado la documentación del proyecto de ejecución con el presupuesto de ejecución material pertinente, que deberá entregar.

Además el nivel de desarrollo del modelo debe avanzar en su definición hasta un nivel de desarrollo LOD400. Debe contener la información necesaria para su estudio en fase de preconstrucción, es decir, de previsión y/o diseño de los futuros procesos constructivos teniendo en cuenta criterios de economía, calidad y seguridad.

Al final del sexto semestre los alumnos entregarán el modelo de coordinación con los tres modelos integrados, arquitectónico, estructural e instalaciones junto con el informe de colisiones que hayan detectado con el software de control de calidad del proyecto. Dicho modelo de coordinación deberá estar ya preparado para la futura integración 4D BIM. Además deberán hacer entrega de las mediciones y presupuesto de ejecución material del proyecto.

El trabajo del grupo se iniciará con un Plan de Ejecución BIM (BEP) - Plan de Trabajo que deberá ser revisado por el alumno mentor, en su caso, y aprobado por el coordinador del taller.

Al finalizar el semestre el grupo de trabajo entregará igualmente el Plan preestablecido en su versión Informe del Seguimiento del Plan de Trabajo con todas las anotaciones necesarias que hagan referencia al cumplimiento del plan, a las incidencias ocurridas, observaciones realizadas por el coordinador, resultados de las evaluaciones de los profesores tutores, etc.

ASIGNATURAS PARTICIPANTES: Para ello es necesario integrar de manera aplicada conocimientos o competencias específicas de las siguientes asignaturas:

- Proyectos I
- Estructuras II
- Calidad

- Construcción IV y V²⁰⁶
- Equipos de Obra
- Prevención y Seguridad I
- Técnicas de Gestión Presupuestaria
- Ejecución de Obras

Y por otra parte, se integran también las competencias transversales asociadas al aprendizaje basado en proyectos, como son el trabajo en equipo, la resolución de conflictos, la comunicación oral y escrita, el trabajo autónomo, la gestión del tiempo, el pensamiento crítico, la toma de decisiones, la capacidad de análisis y de síntesis, etc.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS BIM:

- Utilizar las herramientas de modelado BIM hasta los niveles de detalle y desarrollo que requiera cada fase del proyecto edificatorio.
- Utilizar las herramientas de análisis y cálculo BIM que se requieran en cada fase de proyecto.
- Utilizar los formatos de intercambio de información entre sistemas BIM interoperables.
- Utilizar sistemas BIM de componentes preconfigurados elementos personalizados. Inicio a la creación de componentes personalizados.
- Manejar bases de datos paramétricas: conocimiento medio
- Integrar las herramientas BIM 6D en el análisis y mejora del rendimiento energético y sostenibilidad medioambiental del proyecto edificatorio.
- Integrar las herramientas de modelado BIM de instalaciones en los procesos de predimensionado, diseño, cálculo y comprobación de las instalaciones.
- Integrar las herramientas de modelado BIM estructural en los procesos de predimensionado, diseño, cálculo y comprobación de las estructuras.
- Generar la documentación gráfica de un proyecto técnico a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM para cada fase del proceso.
- Generar la documentación de especificaciones técnicas, presupuestarias y normativas de un proyecto técnico a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM.

²⁰⁶ Construcción IV está dedicada a las estructuras metálicas y Construcción V a las estructuras de hormigón.

- Gestionar la comunicación y el intercambio de información con sistemas/plataformas online entre equipos multidisciplinares.

AJUSTE NECESARIO PARA LA ADECUACIÓN DE LAS ASIGNATURAS AL TALLER III

Para el caso del Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV, que es el que estamos tomando como referencia en esta tesis, el ajuste necesario para su adecuación a las necesidades del Taller III se ha resuelto en la Tabla 25.

Como se observa se han realizado unos cambios necesarios que han consistido en:

- Alternar entre sí, y dentro del propio curso, la ubicación temporal de Construcción IV (estructuras metálicas) y Construcción V (estructuras de hormigón). En nuestra opinión es más conveniente para el taller comenzar el curso con las estructuras de hormigón porque su presencia en edificación residencial es tradicionalmente mayor que la de las estructuras metálicas.

Este cambio, además reduce el desfase de 3 ECTS que había hasta ahora entre el 5º semestre que tenía 27 ECTS y el 6º que tenía 33, dejándolo en 1.50 ECTS.

En el apartado 10.3 se hizo la definición de las características de la propuesta del taller interdisciplinar, y se recomendó con carácter general la cantidad mínima (15%) y máxima (25%) de créditos que las asignaturas deberían ceder al taller correspondiente. Sin embargo, llegados al 6º semestre donde se encuentra la asignatura Ejecución de Obras, se ha de recomendar una excepción: consideraríamos muy pertinente que esta asignatura, que como se explicó en su momento, nació con la intención de ser una asignatura de integración de conocimientos, cediese la totalidad de sus créditos (6 ECTS) al Taller III.

Con estos cambios se cubren las necesidades del Taller III y se siguen cumpliendo los requerimientos del RD 1393/2007 y del Documento Marco de Diseño de Titulaciones en cuanto a distribución y tamaño mínimo de las asignaturas para los estudios de grado.

Se observa, pues que al Taller se le han asignado 6 créditos más los que cedan el resto. Como se dijo en el apartado 10.3, esta será la labor los nombrados responsables de cada una de las asignatura, incluido el taller, en el momento del diseño efectivo de cada PE.

TERCER CURSO		S05	S06
Construcciones Históricas	Equipos de Obra	4.50	6.00
Estructuras II	Prevención y Seguridad I	6.00	4.50
Proyectos I	Optativa	6.00	4.50
Calidad	Técnicas de Gestión Presupuestaria	6.00	6.00
Construcción V	Construcción IV	6.00	4.50
	Ejecución de Obras		-
Gestión de Proyectos con BIM. Taller III		A determinar + 6.00	
TOTAL CRÉDITOS		28,50+31,50	

Tabla 25. Ajuste del Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV. Tercer curso. 2015. Elaboración propia

DENOMINACIÓN DE LA ASIGNATURA: Gestión de Proyectos con BIM. Taller IV

CARÁCTER: Obligatorio

ORDEN SECUENCIAL: Semestre 07

DESCRIPCIÓN: Este proyecto interdisciplinar se desarrolla en el 7º semestre. Supone una continuación de los Talleres I, II y III que se desarrollaron en los seis semestres anteriores.

Durante el cuarto semestre los alumnos resolverán la planificación, organización y control del proceso constructivo de la obra, esto es, 4D BIM con la inclusión del factor tiempo al proceso constructivo. A la organización temporal se añadirá posteriormente la gestión presupuestaria de la obra, entrando así en BIM 5D. Para ello se utilizarán herramientas 4D BIM 4D y 5D BIM de simulación de procesos, interoperables con los software de modelado utilizados por el alumno hasta ahora.

Al finalizar el séptimo semestre el grupo de trabajo debe ser capaz de generar la documentación para la gestión del proceso edificatorio: la animación del proceso constructivo 4D BIM, el análisis económico del proceso y sus flujos de caja, los detalles necesarios para la correcta definición de las actividades de obra. Para su

inicio en 7D BIM entregarán el modelo de coordinación con su programación de mantenimiento integrada, según el Libro del Edificio.

El trabajo del grupo se iniciará con la agregación de contenido correspondiente a esta fase del BEP, que deberá ser revisado por el alumno mentor, en su caso, y aprobado por el coordinador del taller.

Al finalizar el semestre el grupo de trabajo entregará igualmente el Plan preestablecido en su versión Informe del Seguimiento del Plan de Trabajo con todas las anotaciones necesarias que hagan referencia al cumplimiento del plan, a las incidencias ocurridas, observaciones realizadas por el coordinador, resultados de las evaluaciones de los profesores tutores, etc.

ASIGNATURAS PARTICIPANTES: Para ello es necesario integrar de manera aplicada conocimientos o competencias específicas de las siguientes asignaturas:

- Proyectos II
- Organización
- Prevención y Seguridad II
- Gestión Integral del Proceso

Y por otra parte, se integran también las competencias transversales asociadas al aprendizaje basado en proyectos, como son el trabajo en equipo, la resolución de conflictos, la comunicación oral y escrita, el trabajo autónomo, la gestión del tiempo, el pensamiento crítico, la toma de decisiones, la capacidad de análisis y de síntesis, etc.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS BIM:

- Utilizar las herramientas de modelado BIM hasta los niveles de detalle y desarrollo que requiera cada fase del proyecto edificatorio.
- Utilizar las herramientas de simulación BIM que se requieran en fase organización y ejecución de obra.
- Utilizar las herramientas de análisis y cálculo BIM que se requieran en cada fase de proyecto.
- Utilizar los formatos de intercambio de información entre sistemas BIM interoperables.
- Utilizar sistemas BIM de componentes preconfigurados elementos personalizados. Creación de componentes personalizados.
- Manejar bases de datos paramétricas: conocimiento medio-alto

- Integrar las herramientas BIM 4D en los procesos de organización, programación y control de obras, así como su utilización en la simulación de procesos para su optimización.
- Integrar las herramientas BIM 5D en los procesos de gestión presupuestaria del proyecto edificatorio.
- Generar la documentación gráfica de un proyecto técnico a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM para cada fase del proceso.
- Generar la documentación de especificaciones técnicas, presupuestarias y normativas de un proyecto técnico a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM.
- Generar la documentación para la gestión de un proyecto de edificación a partir de un modelo paramétrico con herramientas BIM.
- Aplicar las normas y reglas para la estandarización del trabajo colaborativo y multidisciplinar en BIM.
- Describir los fundamentos y contenidos del Plan de Ejecución BIM para su adopción en el trabajo colaborativo en un entorno BIM.
- Describir las estrategias de implantación de la metodología BIM en una organización.
- Interpretar la intervención de otras metodologías de gestión colaborativa de proyectos en la gestión de proyectos en entorno BIM.
- Gestionar la comunicación y el intercambio de información con sistemas/plataformas online entre equipos multidisciplinares.

AJUSTE NECESARIO PARA LA ADECUACIÓN DE LAS ASIGNATURAS AL TALLER IV

Para el caso del Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV, que es el que estamos tomando como referencia en esta tesis, el último semestre en el que se trabajará el taller, en este caso el Taller IV es el 7º.

El 8º semestre incluye las Prácticas Externas, las Áreas de Intensificación y el PFG. Consideramos que por su particularidad, y respetando los criterios del PE actual, estas tres asignaturas no se deberían alterar.

No es necesario pues ningún cambio ni en la ubicación de ninguna de las asignaturas del curso ni en su carga en créditos.

En el apartado 10.3 se hizo la definición de las características de la propuesta del taller interdisciplinar, y se recomendó con

carácter general la cantidad mínima (15%) y máxima (25%) de créditos que las asignaturas deberían ceder al taller correspondiente. Sin embargo, llegados al 7º semestre donde se encuentra la asignatura Gestión Integral del Proceso, se ha de recomendar una excepción: consideraríamos muy pertinente que esta asignatura, que como se explicó en su momento, nació con la intención de ser una asignatura de integración de conocimientos, cediese la totalidad de sus créditos (6 ECTS) al Taller IV.

Se observa en la Tabla 26, pues que al Taller IV se le han asignado 6 créditos más los que cedan el resto. Como se dijo en el apartado 10.3, esta será la labor los nombrados responsables de cada una de las asignatura, incluido el taller, en el momento del diseño efectivo de cada PE.

CUARTO CURSO		S07	S08
Construcción VI	Prácticas Externas	4.50	6.00
Gestión Integral	Área de Intensificación	-	12.00
Organización	Proyecto Final de Grado	6.00	12.00
Prevención y Seguridad II		4.50	
Proyectos II		4.50	
Peritaciones, Tasaciones y Valoraciones		4.50	
Gestión de Proyectos con BIM. Taller IV		A determinar + 6.00	
TOTAL CRÉDITOS		30+30	

Tabla 26. Ajuste del Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV. Cuarto curso. 2015. Elaboración propia

Conclusiones Parte IV

Capítulo 9

- En vista de los requerimientos normativos que se avecinan en cuanto a la exigencia de uso de la metodología BIM en los proyectos de construcción, la figura más ajustada a la legislación vigente, que obtendría mayor consenso desde todos los ámbitos del sector de la construcción, y la más adecuada a lo que este va a demandar para poder responder de manera eficaz, eficiente y en tiempo a aquellos requerimientos, es la del graduado AEC-BIM: el graduado AEC que egresa de su primer ciclo universitario con competencias BIM.
- La vía más eficaz para implantar BIM en los planes de estudio con el mínimo impacto para las estructuras universitarias, garantizando a los egresados AEC la adquisición de competencias BIM al finalizar el grado, de forma homogénea en todas las universidades, al ritmo en que el mercado laboral lo va a demandar, y con el mayor ajuste a la legislación actual, es mediante la adición de dicha competencia BIM como una más de las que se exigen en la actual Orden ECI 3855/2007. Este hecho supone la aparición de una nueva Orden, ahora ECD, lo cual obliga a todas las universidades a adaptar sus títulos a ella necesariamente.
- Este cambio, forzado ahora por la EUPPD, ha tenido en España su origen en experiencias académicas y profesionales aisladas, pequeñas e individuales que han funcionado como estrategias bottom-up en su conjunto provocando la reacción del Gobierno. El Plan Nacional BIM y la Comisión BIM del Ministerio de Fomento constituyen la estrategia top-down necesaria ahora para conectar y coordinar todas aquellas y hacer de la implantación una realidad.

Capítulo 10

- En la actual coyuntura económica y, habida cuenta de las dificultades que por su causa tienen las universidades españolas a la hora de gestionar sus recursos humanos, materiales y de infraestructura, la estrategia más eficaz para garantizar a los egresados la adquisición de las competencias específicas BIM de carácter aplicado e integrador, es mediante la creación de talleres semestrales en cada curso del grado en los que se integran dichas las competencias específicas y que se nutren de parte de los créditos del resto de asignaturas del curso que los ceden.
- Las competencias específicas BIM de carácter instrumental y fundamental, por su parte, se pueden adquirir dentro de las asignaturas del mismo carácter que ya existen en los planes de estudio actuales.
- Los talleres de formación en competencias BIM, utilizando las metodologías BIM en combinación con las metodologías docentes colaborativas, garantizan la adquisición de las competencias transversales que son exigidas por todas las universidades en respuesta a los requerimientos del EEES.
- A pesar del número de profesores con competencias BIM con los que cuenta la universidad española actualmente, no demasiado numeroso e irregular, esta estrategia de talleres se llevará a cabo con éxito por requerir un número reducido y fácilmente asumible por las escuelas de docentes competentes en BIM. La carencia de profesores formados en BIM deja de ser el hándicap al que se enfrentaban las escuelas. Esta estrategia da tiempo a las escuelas permitiendo que otros profesores inicien/continúen su formación en BIM para poder integrarse en los talleres como docentes en cursos venideros.
- Se ha conseguido realizar una propuesta de modificación de un plan de estudios en el que, por tener su origen en unos planteamientos y criterios ampliamente consensuados en su día por Conferencia de Directores, se ha integrado la metodología BIM sin apenas intervenir en dicha estructura formal, en sus contenidos, en su secuencia temporal o en el reparto de créditos por asignatura.



- Continuar con el mismo proyecto a lo largo de los cuatro cursos del grado se considera muy recomendable. La estructura de taller repetida en los cuatro cursos del grado y trabajando sobre el mismo proyecto potenciará el apercebimiento de la idea de ciclo de vida del proyecto por parte del alumno.
- En la misma línea, y como mejora a la propuesta de talleres transversales por curso, se propone la creación de talleres verticales en los que trabajen de forma colaborativa alumnos de distinto curso, haciendo más real el desempeño de roles y jerarquías dentro del proceso edificatorio. Ahora bien, solo sería recomendable desarrollarlos tras algunos cursos de experiencia en los talleres transversales.
- El entrono académico en el que este cambio ha de llevarse a cabo, es decir, los que realmente han de diseñar el PE, necesitan de apoyo y asesoramiento. Se hace pertinente pues que la administración siga regulando el proceso, a través de una Guía de Integración de BIM en los Grados, cuyo mandato de elaboración debe salir de la propia orden ministerial.
- El contenido de la guía debe explicar con todo detalle las competencias BIM y su relación con el proceso edificatorio; debe explicar la relación existente entre la adquisición de las competencias aplicadas e integradoras BIM y las metodologías docentes que el EEES promulga para las enseñanzas universitarias. Esta es la labor de concienciación que debe realizar el grupo de trabajo de formación de la Comisión BIM del Ministerio de Fomento.



CONCLUSIONES

Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación: diseño de una propuesta.



El objetivo principal de esta tesis era analizar si era posible la modificación y en qué medida del programa de estudios del Grado en Arquitectura Técnica para adaptarse a las exigencias que la integración de la metodología BIM en el sector de la construcción iba a generar en un momento muy concreto de la historia de esta profesión.

Esto llevaba implícito realizar un análisis que nos permitiese determinar en primer lugar cuál es el perfil de técnico ejecutivo que va a ser demandado por las empresas del sector que adopten BIM como metodología en su cambio hacia un nuevo modelo productivo. Para ello, a su vez, era necesario un estudio detallado sobre las condiciones externas al propio sector que provocan ese cambio, cuáles han sido los pasos dados por la profesión y la academia para caminar hacia él, en quién reside la responsabilidad de hacer posible ese cambio de perfil profesional y cómo debe llevarse a cabo esa estrategia habida cuenta las condiciones económicas en las que se encuentra el país y, consecuentemente, la universidad. Para acabar con el objetivo último de la tesis que es hacer una propuesta de esa estrategia.

Una vez realizado ese análisis, se está en condiciones de enunciar las siguientes **conclusiones**:

1. El sector de la construcción a nivel internacional es consciente del potencial de la metodología BIM como economizadora de tiempo, recursos materiales y económicos, de riesgos en la gestión del proyecto de la construcción y de la explotación del edificio. En esa línea el Parlamento Europeo se ha propuesto como objetivo, a través de su directiva EUPPD, que BIM sea la metodología recomendada-exigida a las empresas que pretendan optar a participar en proyectos financiados con fondos públicos a partir de abril de 2016. El sector europeo y español va a necesitar técnicos formados en BIM para atender a la demanda de las empresas y los va a necesitar en breve.
2. Las instituciones que han tomado parte en la formación de BIM en España hasta ahora han optado por una formación sumativa, por adición de conocimientos a lo largo de las distintas etapas de la formación universitaria (grado AEC + posgrado BIM), etapas (posgrado) que no todos los estudiantes acometen. Este tipo de formación no garantiza la formación básica y uniforme para todos los graduados que el futuro va a requerir de ellos. Profesionales, empresa, administración y academia coinciden en que la formación requerida ha de ser transversal, integrada, y por ello apuestan por la formación universitaria de BIM integrado ya en los grados AEC.

3. Los intentos de integrar BIM en los planes de estudio de los grados sin una estrategia definida, como experiencias aisladas de carácter bottom-up, no han dado resultados positivos y duraderos ni en España ni en el resto de Europa. Se requiere una estrategia iniciada desde instancias superiores (top-down) que promueva, facilite y coordine todas las acciones necesarias para que la integración de BIM en los grados AEC sea adecuada a los intereses de todas las partes, viable, homogénea y se pueda llevar a cabo a tiempo. En nuestro país esta iniciativa la ha tomado el Ministerio de Fomento con la creación de la Comisión BIM que está poniendo en marcha el Plan Nacional de Acción BIM, con un grupo de trabajo sobre formación, entre otros.
4. Los problemas con los que la universidad se ha encontrado, tanto a nivel nacional como internacional, a la hora de integrar BIM en los currículos de los grados son el desconocimiento generalizado de la metodología por gran parte de los docentes, la escasa formación en BIM de los mismos, la poca implicación de estos y de los equipos que dirigen las instituciones académicas responsables, entre otros. Estos problemas persisten a día de hoy.
5. A estos problemas, en España hay que añadir otros dos. Por una parte, el hecho de que las profesiones AEC en nuestro país sean profesiones con atribuciones reguladas por ley, lo cual supone una firme regulación de los títulos correspondientes y unos rígidos protocolos para la modificación de los planes de estudio. Por cuestión de tiempo la estrategia propuesta debe poder ser implantada dentro de esos protocolos y con la menor intervención en el marco normativo actual. Y por otra, los efectos que sobre la financiación de la universidad está teniendo la grave crisis económica que atraviesa nuestro país, lo cual obliga a que cualquier estrategia de cambio debe poder ser llevada a cabo con los recursos humanos, materiales y de infraestructura con los que la universidad cuenta.
6. La estrategia de integración de BIM en los planes de estudio del Grado en Arquitectura Técnica que se propone cuenta con la persistencia de aquellos problemas, los asume y los supera; es posible hacerla dentro del marco normativo actual y con la mínima intervención en él; y se ha diseñado para que sea viable en las condiciones económicas y de infraestructura en las que se encuentra la universidad española actualmente.
7. Desde el punto de vista legal, nuestra propuesta conlleva la modificación de la Orden ECI 3855/2007 con la adición de la competencia BIM como una más de las competencias específicas que para el título de Grado en



Arquitectura Técnica exige la OM vigente. La tramitación de una nueva OM requiere de plazos muy cortos, pero sus consecuencias son muy efectivas ya que ello obliga a todas las universidades a adaptar sus títulos a la nueva orden vigente, lo cual garantiza la igualdad en todo el país y en el menor tiempo posible.

8. Un egresado será competente en BIM si al finalizar sus estudios del Grado en Arquitectura Técnica es capaz de aplicar la metodología colaborativa BIM en todos los objetivos ya presentes en la Orden ministerial, los flujos de trabajo y de información que exige y genera, así como las herramientas tecnológicas que lo hacen posible, en las fases de proyecto, ejecución de la obra, mantenimiento y explotación del edificio, demolición y gestión de los residuos de la misma, esto es, a lo largo del ciclo completo de la vida del edificio, dentro de la normativa europea y estatal relativa a la gestión de proyectos en entorno BIM.
9. Desde el punto de vista temporal la propuesta contempla integrar la metodología BIM desde el primer semestre del grado y aprovechando su doble potencial: como herramienta que permite reproducir en el aula el proceso constructivo y simularlo; y como metodología de trabajo sus conceptos, esto es, los objetos, procesos y personas, y la secuencia de aprendizaje de los mismos, siguen la misma secuencia temporal de las disciplinas que integran un plan de estudios genérico del Grado en Arquitectura Técnica. Se concluye por ello que la metodología BIM integrada en el PE se convierte no solo en contenidos que aprender por el alumno sino en el medio de enseñanza-aprendizaje de las disciplinas de edificación en los grados AEC generándose así un aprendizaje bidireccional. Se aprende construcción con BIM y se aprende BIM dentro del aprendizaje en construcción.
10. Desde el punto de vista formal la propuesta se materializa en una serie de asignaturas - talleres BIM por curso, con la participación, en cuanto a contenidos, actividades y créditos, de las asignaturas y de los profesores del curso correspondiente, y con la coordinación de un profesor BIM por curso. Con ello se consigue mantener la estructura curricular de las asignaturas AEC (con algunos ajustes menores dependiendo de cada plan de estudios); mantener la estructura de créditos por curso, semestre y asignatura. Asimismo se consigue el carácter integrador de la formación que desde todos los ámbitos del sector de la construcción se demanda. Y por último, se consigue que se necesite el menor número posible de profesores con formación BIM para llevarlo a cabo, y por tanto, la menor



inversión económica, de personal e infraestructuras por parte de la universidad.

11. Esta tesis no contempla la posibilidad de plantear la propuesta como una experiencia piloto, por ejemplo en un grupo experimental por curso, desde primero a cuarto, para analizar resultados, comparar con el resto de los grupos y ajustar los procedimientos al mismo tiempo que se implanta. Esta es una opción que algunos docentes han manifestado como la más viable apoyándose exclusivamente en el hecho real de la escasez de profesorado formado en BIM. Sin embargo, esta opción perpetuaría inevitablemente, al menos durante cuatro años más, la situación actual, esto es, la salida al mercado de técnicos AEC sin ninguna formación BIM, y esto la universidad no debería siquiera contemplarlo.
12. Desde el punto de vista metodológico la propuesta no contempla otra posibilidad que no sea el trabajo colaborativo en el aula con aprendizaje basado en proyectos y evaluación formativa. Los talleres de formación en competencias BIM, utilizando las metodologías BIM en combinación con las metodologías docentes colaborativas, garantizarán además la adquisición de las competencias transversales que son exigidas por todas las universidades en respuesta a los requerimientos del EEES.
13. Sin embargo, todo esto no será posible sin la intervención nuevamente de instancias superiores. La Orden Ministerial, por definición, se limita a la enumeración de competencias específicas del título pero no puede intervenir de forma directa en el diseño de los planes de estudio. El entrono académico en el que este cambio ha de llevarse a cabo, es decir, los que realmente han de diseñar el PE, necesitan de apoyo y asesoramiento. Se hace pertinente pues que la administración siga regulando el proceso, a través de una Guía de Integración de BIM en los Grados, cuyo mandato de elaboración sí que es posible que aparezca en el texto de la propia orden ministerial.
14. El contenido de la guía debe explicar con todo detalle las competencias BIM y su relación con el proceso edificatorio; debe explicar la relación existente entre la adquisición de las competencias aplicadas e integradoras BIM y las metodologías docentes que el EEES promulga para las enseñanzas universitarias. Esta es la labor de concienciación que debe realizar el grupo de trabajo de formación de la Comisión BIM del Ministerio de Fomento.



Asimismo, y paralelamente a las conclusiones del trabajo realizado, hay que determinar las **limitaciones** con las que esta investigación se ha encontrado y que la han condicionado. Son las que se enumeran a continuación:

1. La definición de la competencia BIM debería haber sido el resultado de un estudio estadístico que hubiese recogido las opiniones de todo el sector de la construcción sobre el perfil del técnico BIM. Esto es, de los profesionales, representantes de los profesionales, empresas, administración y academia, tal y como se hizo en su momento para el Libro Blanco, guía de los títulos actuales. Sin embargo, debido a la reducida actividad del sector en estos años de crisis, la escasa penetración de la metodología BIM en el tejido productivo y el bajo conocimiento que sobre BIM tiene la industria de nuestro país, esa encuesta global no hubiese aportado resultados significativos. Así pues la definición de las competencias se ha basado en la literatura científica, en las experiencias de otros países, en las puntuales del nuestro que se han publicado, y en la opinión de un cierto número de técnicos que han adoptado BIM en su actividad profesional.
2. Esta tesis no ha querido nacer anticuada como se decía en la introducción de la misma. Se ha enmarcado en la coyuntura económica, financiera y social actual de nuestro país y por ende de la universidad española. Está pensada específicamente para esta situación de actividad productiva casi inexistente, en la que las bajas colegiales de los profesionales son patentes en todo el territorio nacional, el número de intervenciones registradas en los mismos ha caído significativamente, etc. Y en la que el volumen de negocio más significativo se encuentra en el extranjero y para optar a él ser competente en BIM es una exigencia.
3. La propuesta diseñada pretende ser lo más conservadora posible en su ajuste a la situación actual, no a un futuro a largo plazo y distanciándose del pasado más inmediato, pero al mismo tiempo, consciente de que la integración de BIM no será uniforme en todo el sector. Se ha diseñado pensando en que sea factible su transferencia al contexto actual.
4. En su diseño, la propuesta se ha basado en el Plan de Estudios de la ETS de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València. Desde la autonomía de las universidades españolas para diseñar sus propios planes de estudio a partir de los requisitos mínimos que para ellos marque la orden ministerial correspondiente, esta propuesta no será válida en sí misma para todas las universidades, sino que se debería tomar, en su caso, como ejemplo adaptable a cada plan de estudios en particular.



Como **conclusión final** de la tesis y respondiendo al objetivo principal de la misma nos encontramos en condiciones de decir que sí que es posible la modificación del programa de estudios del Grado en Arquitectura Técnica para adaptarse a las exigencias que la integración de la metodología BIM en el sector de la construcción va a generar en este momento tan concreto de la historia de esta profesión. La medida en la que se haga dependerá de la voluntad de las instituciones superiores a las universidades que son las que han de poner en marcha la modificación de la orden ministerial. Desde las universidades hay que trabajar en esa línea y para forzar esa voluntad. Pero, en cualquier caso, todo indica, y así se propone, que el éxito de esta integración tendrá mayor posibilidad de alcanzarse si se incorpora la metodología BIM a los grados desde el principio, de forma integral, transversal y como metodología de trabajo docente.



FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación: diseño de una propuesta.



Los resultados de este trabajo permiten plantear una serie de cuestiones en las que, en nuestra opinión se debería seguir trabajando. Se plantean así como futuras **líneas de investigación:**

1. Constatación de los resultados de la integración de BIM en los planes de estudios con la estrategia propuesta en esta tesis. Esto llevará implícito tres estadios de investigación relacionados pero completamente independientes:
 - a. Realización de un análisis con datos objetivos y medibles que permitan evaluar los resultados que la integración de BIM en los planes de estudio ha tenido en el aprendizaje de construcción de los alumnos. Comparación de la evolución que experimentan los alumnos actuales en su aprendizaje de construcción y el que experimentarán los alumnos una vez se integre la propuesta de asignaturas taller BIM. Esto debería hacerse a través de un estudio estadístico en el que estos y aquellos alumnos responderían a los mismos ítems en situaciones completamente distintas. Y se podría realizar tanto a nivel de grado (alumnos de TFG) como de curso y/o de asignatura.
 - b. Recabar la opinión del profesorado AEC sin formación BIM que participase en los talleres BIM, es decir, aquellos a los que en la propuesta se les denomina profesores tutores, al respecto del previsible cambio de actitud/capacidad de aprendizaje de los alumnos integrados en los talleres en comparación con los alumnos actuales, pero en las asignaturas “tradicionales” impartidas por estos docentes. Su objeto sería evaluar la influencia de BIM como vehículo docente en la capacidad de aprendizaje de los alumnos desde el punto de vista del profesor.
 - c. Por último en esta línea, se propone recabar nuevamente la opinión del profesorado AEC pero una vez que haya sido formado en BIM y al respecto de esta metodología como metodología docente. Su objeto sería evaluar la influencia de BIM como vehículo de mejora docente para el profesor.
2. Constatación de que las competencias BIM que se han definido para el diseño de la propuesta responden a las demandas del mercado. Se

considera fundamental esta línea de investigación para la futura acreditación del título preceptiva según el RD 1393/2007 que se debería conseguir a los 6 años de su implantación, si fuese el caso. Se deberían medir tanto las necesidades del mercado como la opinión del mismo, esto es de los empleadores, al respecto del nivel de madurez de los egresados. Esto proporcionaría un feedback real que podría ser enfrentado y comparado con las competencias BIM definidas y con las estrategias de aprendizaje para realizar los ajustes necesarios en vistas a la citada acreditación.

3. Análisis de las competencias y contenidos de aquellas asignaturas que han quedado fuera de la propuesta de asignaturas-taller BIM. Estudiar la posibilidad de su integración. Diseñar la estrategia de integración en su caso. Se trata de una línea a largo plazo y con una urgencia relativa.
4. Seguimiento de la evolución de la propia metodología BIM, de la tecnología propia, de su aplicación, de las exigencias del mercado, de la normativa vigente, etc., es decir, de todo aquello que suponga una innovación en una metodología de trabajo en desarrollo todavía. Estudiar la necesidad de integración de dichas innovaciones en los planes de estudio. Diseño de las estrategias necesarias para llevarlo a cabo.
5. Establecer el Índice de Madurez BIM de las estructuras académicas responsables de los títulos AEC. Determinar los criterios que lo definirán. Definir los criterios para su medida y la regulación del proceso de obtención de ese índice, así como definir la repercusión que debe tener dicho índice desde el punto de vista administrativo.
6. Estudiar el ajuste de las competencias BIM definidas en este trabajo con las posibles acreditaciones profesionales que pudiesen surgir en un futuro. Esta sería la línea de investigación de mayor calado pero que se plantea a más largo plazo e indefinido en estos momentos.

Con las líneas de investigación de fondo, los resultados de la tesis exigen la puesta en marcha de dos trabajos mucho más concretos y de carácter más inmediato. Se consideran imprescindibles para la integración de BIM en los planes de estudio de los Grados AEC, tanto si esa integración se realiza siguiendo la propuesta de esta tesis como si se hace siguiendo cualquier otro criterio. Ambos tienen que ver con lo que hemos dado en llamar en esta tesis el mayor hándicap con el que se iban a encontrar las universidades: la información y la formación de los docentes. Así se establecen como **trabajos derivados de esta tesis** con carácter prioritario:

1. La redacción de una Guía de Integración de BIM en los Grados, cuyo mandato de elaboración se exija desde el articulado de la orden ministerial, que sirva de apoyo y asesoramiento para aquellos que han de diseñar los planes de estudio y las estrategias de implantación. El contenido de la guía explicará con todo detalle las competencias BIM y su relación con el proceso edificatorio; explicará la relación existente entre la adquisición de las competencias aplicadas e integradoras BIM y las metodologías docentes que el EEES promulga para las enseñanzas universitarias.
2. El diseño de un Plan de Información y de Formación en BIM para el profesorado AEC. La propuesta de esta tesis hace posible que este plan de formación pueda ser gradual, a medio plazo y paralelo a la implantación del nuevo plan de estudios que habría derivado de la integración de BIM en el mismo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación: diseño de una propuesta.



- Adam, S. 2004, *Using Learning Outcomes. Report for the Bologna conference on learning outcomes held in Edinburgh on 1 – 2 July 2004.*
- AIA, 2007. *Integrated Project Delivery: A Guide.* 1ª edn. EEUU: The American Institute of Architects & The American Institute of Architects California Council.
- AIA 2013, *Document E202™-2013: Building Information Modeling Protocol Exhibit,* American Institute of Architects, EEUU.
- Alshubbak, A. L. 2010, *Modelo de identificación de las necesidades del promotor en el proceso proyecto-construcción: INPro,* Universitat Politècnica de València.
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. 2001, *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives.* Longman, New York.
- ANECA 2013, *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje. Versión 1.0,* ANECA, Madrid.
- ANECA 2005, *Libro Blanco de Ingeniería de Edificación ANECA. Informe de la Comisión de Evaluación del diseño del Título de Grado en Ingeniería de Edificación.,* Granada.
- Arenas Cabello, F. J. 2005, "La titulación de aparejador. Evolución histórica de sus atribuciones profesionales: desde el Decreto Lujan de 1855 hasta la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación", *Boletín de la Facultad de Derecho. UNED*, vol. 26, pp. 15-31.
- Arenas Cabello, F. J. 2002, *El régimen jurídico de la profesión de arquitecto técnico y aparejador,* Universidad de Alcalá.
- Autodesk 2014, "European Parliament Directive to Spur BIM Adoption in 28 EU Countries ", *In the fold. Autodesk news and opinions.*
- Aznar, M., Zacarés, J., López, J., Sánchez, R., Pastor, J. M. & Llorca, J. 2015, "Interdisciplinary robotics project for first-year engineering degree students", *Journal of Technology and Science Education. JOTSE*, vol. 5, no. 2, pp. 151-165.
- Barison, M. B. & Santos, E. T. 2010, "BIM teaching strategies: an overview of the current approaches", *Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. Nottingham University Press.*
- Biggs, J. 2003, *Teaching for Quality Learning at University.* SRHE and Open University Press, Buckingham.

- Bisbal Bosch, P.J. 2015, *Nuevas técnicas de gestión en el sector de la edificación: propuesta de formación*. Universitat Politècnica de València.
- Bowden, J. & Marton, F. 1998. *The University of learning: Behyong quality and competence*. Kogan Page, Londres.
- buildingSMART España 2014, *Guía de Usuarios BIM España (uBIM)*, 1ª edn, BuildingSMART Spanish Chapter, Digital - Madrid (España).
- buildingSMART España 2013, Agosto/13-last update, *buildingSMART Spanish Chapter* [Homepage of buildingSMART Spanish Chapter], [Online]. Available: <http://www.buildingsmart.es/> [2013, Sept/01].
- CERCHA 2002, *Arquitectura Técnica, la carrera de ciclo corto más larga.*, junio 2002/65 edn, MUSAAT-PREMAAT, Madrid.
- Cerdán, A. 2011, *BL185 - Nuevo Centro AEC de Formación y Certificación de Autodesk en la UPV*. [Homepage of Alberto Cerdán], [Online]. Available: <http://acercas.com/> [2015, 04/09].
- Cerdán, A. 2013, Julio/24-last update, *Acercas: Consultor Revit* [Homepage of Alberto Cerdán Castillo], [Online]. Available: <http://acercas.com/> [2013, Septiembre/01].
- CGATE. Asesoría Jurídica, 2011, *El proceso de implantación del Título de Grado en Ingeniería de Edificación*, CGATE, Madrid.
- Chislett, W. 2015, *Spain leads the world market for infrastructure development*. Available: http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/web/rielcano_es/publicaciones/ari/.
- CIOB, The Chartered Institute of Building 2013, "Brussels set to enshrine BIM in EU-wide procurement directive", *Construction Manager Newsletter*, vol. julio 2013.
- Clarke, M. 2008, "Understanding and managing employability in changing career contexts", *Journal of European Industrial Training*, vol. 32, no. 4, pp. 258-284.
- CNC. 2015, *CNC. Confederación Nacional de la Construcción*. Available: <http://www.portal-cnc.com/Master/presentacion.aspx>.
- Coloma Picó, E. 2010, *Introducción a la tecnología BIM*, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Coloma Picó, E. 2008, "Aplicaciones BIM para el diseño arquitectónico", *Actas del XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica: Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Madrid, 2008, pp. 225.

Comisión Europea 2012, *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Estrategia en pos de la contratación pública electrónica*, Bruselas.

Construcciones Lobe. 2015, Grupo Lobe construcción. Available: <http://www.construccioneslobe.es/inicio>

Crowley, A. 1998, "Construction as a manufacturing process: Lessons from the automotive industry", *Computers and Structures*, vol. 67, no. 5, pp. 389-400.

Deutsch, R. 2011, *BIM and Integrated Design: Strategies for Architectural Practice*. Editorial John Wiley & sons Inc. New Jersey (EEUU) (Imagen p. 146)

Deutsch, R. 2012, *BIM in ACADemia* [Homepage of Randy Deutsch], [Online]. Available: <http://bimandintegrateddesign.com/2012/01/25/bim-in-academia/> [2015, 04/09].

Di Giuda, G. M. & Villa, V. 2015, "Técnica BIM: Análisis comparativo sobre su estado en diversos países europeos y extracomunitarios. Desarrollo y difusión en el ámbito internacional", *EUBIM 2015. Congreso Internacional BIM / Encuentro de usuarios BIM*, Editorial UPV, València, mayo 2015, pp. 166.

Ferluga, G. 2015, "El Gobierno retrasa sin plazo la Ley de Servicios Profesionales", *Cinco Días*, [Online], vol. 03/02/2015, pp. 04/09/2015. Available from: http://cincodias.com/cincodias/2015/02/02/economia/1422909622_909665.html.

Fernández Álvarez, A. J. & Ferreiro Pérez, G. 2014, "Desarrollo de estrategias bottom-up en la implantación de BIM en la universidad: el modelo BIM CAMPUS", *EUBIM. Encuentro de usuarios BIM 2014. 2º Congreso Nacional BIM*, Editorial UPV, València, mayo 2014, pp. 209.

Fuentes Giner, B. 2014, *Impacto de BIM en el proceso constructivo español*, 1ª edn, Servicios y Comunicaciones LGV, Alcoi (Alicante).

Gallego Navarro, T. & Huedo Dorda, P. 2015, "Introducción del concepto Building Information Modeling (BIM) en el Grado en Arquitectura Técnica de la Universitat Jaume I", *EUBIM 2015. Congreso Internacional BIM / Encuentro de usuarios BIM*, Editorial UPV, València, mayo 2015, pp. 102.

García_Montalvo, J. 1999, "El precio del suelo: La polémica interminable", *Jornadas "Nuevas Fronteras de la Política Económica"*, ed. IVIE y Universitat de València, Centre de Recerca en Economía Internacional y La Vanguardia, julio/15/1999, pp. 1.

Gauchi Risso, V., 2012. Aproximación teórica a la relación entre los términos gestión documental, gestión de información y gestión del conocimiento. *Revista Española de Documentación Científica*, 35(4), pp. 531-554.

- Generalitat Valenciana. Conselleria Obras Públicas, Urbanismo y Transportes 2015, *Decreto 1/2015, de 9 de enero, del Consell, por el que se aprueba el Reglamento de Gestión de la Calidad en Obras de Edificación.*
- Generalitat Valenciana. Conselleria Obras Públicas, Urbanismo y Transportes 1991, *Decreto 107/1991, de 10 de junio, del Consell de la Generalitat Valenciana, por el que se regula el control de calidad de la edificación de viviendas y su documentación. [Derogado]*
- Gil Gil, H. 2015, *Gestión de proyectos con BIM: la adopción de esta metodología por parte del colectivo de Arquitectos Técnicos.* Universitat Politècnica de València.
- Gobierno de España, Ministerio de la Presidencia 1997, *Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.*
- Gobierno de España, Ministerio de la Vivienda 2006, *Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.*
- Gobierno de España. Jefatura del Estado 1999, *Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.*
- Gobierno de España. Jefatura del Estado 1986, *Ley 12/1986, de 1 de abril, sobre regulación de las atribuciones profesionales de los Arquitectos e Ingenieros técnicos.*
- Gobierno de España. Jefatura del Estado 1970, *Ley 14/1970, de 4 de agosto, General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa. [Disposición derogada]*
- Gobierno de España. Ministerio de Economía y Competitividad 2013, *Anteproyecto de Ley de Servicios Profesionales.*
- Gobierno de España. Ministerio de Educación y Ciencia 2007, *ORDEN ECI/3855/2007, de 29 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Arquitecto Técnico.*
- Gobierno de España. Ministerio de Educación y Ciencia 2007, *Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias.*
- Gobierno de España. Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. Dirección General de Patrimonio del Estado. 2015, *Anteproyecto de Ley de Contratos del Sector Público.*
- Gobierno de España. Ministerio de la Presidencia 2008, *Real Decreto 1837/2008, de 8 de noviembre, por el que se incorporan al ordenamiento jurídico español la Directiva 2005/36/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de septiembre de 2005, y la Directiva 2006/100/CE, del Consejo, de 20 de noviembre de 2006, relativas al*

reconocimiento de cualificaciones profesionales, así como a determinados aspectos del ejercicio de la profesión de abogado.

- González Velayos, E. 2000, *Aparejadores, breve historia de una larga profesión*, 2ª edición, Consejo General de Colegios Oficiales de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, Madrid.
- Horta, I. 2013, "Performance trends in the construction industry worldwide: an overview of the turn of the century", *Journal of Productivity Analysis*, vol. 39, no. 1, pp. 89-99.
- ITeC. Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña 2015. *Alcance de la Directiva europea de Contratación pública*. Available: <http://itec.es/servicios/bim/directiva-2014-24-ue/> [2014, septiembre, 15].
- Izquierdo Gracia, P. 1998, *Evolución histórica de los estudios, competencias y atribuciones de los aparejadores y arquitectos técnicos*, Libros Dykinson, SL, Madrid.
- Jurado Egea, J., Liébana Carrasco, O. & Gómez Navarro, M. 2015, "Uso de BIM como herramienta de integración en talleres de Tecnología de la Edificación", *EUBIM 2015. Congreso Internacional BIM / Encuentro de usuarios BIM*, Editorial UPV, València, mayo 2015, pp. 13.
- Kymmell, W. 2008, *Building Information Modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations*. McGraw-Hill Construction, EEUU.
- Lee, A., Wu, S., Marshall-Ponting, A., Aouad, G., Cooper, R., Tah, J. H. M., Abbott, C. & Barrett, P. S., 2005. nD Modelling Road map: A Vision for nD-Enabled Construction, UNIVERSITY OF SALFORD, ed. In: 13-14th September 2004 2005, University of Salford.
- Liébana Carrasco, O. 2015, *Estado BIM en la Universidad (UK)*. Available: <http://oliebana.com/2015/04/26/estado-bim-en-la-universidad-uk/>
- Liébana Carrasco, O. & Agulló de Rueda, J. 2013, "Integración de la metodología S-BIM en el Máster Universitario Oficial de Estructuras en Edificación.", *EUBIM 2013. Encuentro de usuarios BIM 2013. 1º Congreso Nacional BIM*. Editorial UPV, València, mayo 2013.
- Liébana Carrasco, O., Agulló de Rueda, J., Jiménez Morales, A. & Coscolluela Millàs, J. 2015, "Talleres S-BIM de interoperabilidad de Tekla con software genérico de modelización", *EUBIM 2015. Congreso Internacional BIM / Encuentro de usuarios BIM*, Editorial UPV, València, mayo 2015, pp. 60.
- López Martín, F. J. 2015, *Estándares y Guías BIM ¿Cuál será mi estrategia BIM? ¿Qué modelo debo seguir?*, Linked-In Pulse, <https://www.linkedin.com/pulse/est%C3%A1ndares-y-gu%C3%ADas-bim-que-modelo-debo-seguir-l%C3%B3pez-mart%C3%ADn>.

- MAEC. 2014, *MAJOR INFRASTRUCTURE WORKS LED BY SPANISH COMPANIES*, Dirección General de Relaciones Económicas Internacionales edn, Madrid.
- McDowell, L., Wakelin, D., Montgomery, C. & King, S. 2011, "Does assessment for learning make a difference? The development of a questionnaire to explore the student response.", *Assessment & Evaluation in Higher Education*, vol. 36, no. 7, pp. 749-765.
- Mora Pueyo, A. 2013, "El BIM en la formación profesional. Integración en los estudios de técnico superior de proyectos de edificación.", *EUBIM 2013. Encuentro de usuarios BIM 2013. 1º Congreso Nacional BIM*. Editorial UPV, València, mayo 2013.
- Mora Pueyo, A. 2014, *El BIM Manager en España: Estrategias para su implantación.*, Researchgate, Zaragoza.
- Moss Kanter, R. 1994, "Collaborative advantages: the art of alliances", *Harvard Business Review*, vol. 4.
- Nieto Julián, E., Quiñones Rodríguez, R., Llorens Corraliza, S. & Cortés Albalá, I. 2014, "Experiencia integradora de la tecnología BIM en la ETSIE de Sevilla", *EUBIM. Encuentro de usuarios BIM 2014. 2º Congreso Nacional BIM*, Editorial UPV, València, mayo 2014, pp. 258.
- Oliver Faubel, I. 2011, *Proyecto Docente. Concurso de méritos para la selección y contratación excepcional de profesor colaborador (cod. 4927)*. (no publicado)
- Parlamento Europeo 2014, *DIRECTIVA 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE*, Directiva edn.
- Parlamento Europeo y del Consejo 2011, *Reglamento (UE) Nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2011 por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo*.
- Pellicer, T. M. 2003, *La gestión en las empresas constructoras: Análisis, Diseño y Desarrollo de un Modelo de Control*, Universitat Politècnica de València.
- Pérez Egea, A., Martínez Conesa, E. J. & Guillen Martínez, J. A. 2015, "Ins-taller. Experiencia integradora BIM en las enseñanzas de grado y postgrado de la Universidad Politécnica de Cartagena", *EUBIM 2015. Congreso Internacional BIM / Encuentro de usuarios BIM*, Editorial UPV, València, mayo 2015, pp. 32.
- Piedecausa-García, B., Mateo-Vicente, J. M. & Pérez-Sánchez, J.C. 2015, "Enseñanza de sistemas BIM en el ámbito universitario", *EUBIM 2015. Congreso Internacional BIM / Encuentro de usuarios BIM*, Editorial UPV, València, mayo 2015, pp. 93.

- Platts, T. 2013, *Embedding Building Information Modelling (BIM) within the taught curriculum*, Higher Education Academy (HEA), York.
- Portabales Pichel, A. 1945, *Los verdaderos artífices del Escorial y el estilo indebidamente llamado Herreriano*, Gráfica Literaria, Madrid.
- Portabales Pichel, A. 1944, *Fray Antonio de Villacastín. Símbolo y ejemplo de aparejadores y ayudantes de la ingeniería*, Gráfica Literaria, Madrid.
- Prieto Muriel, P. 2011, *Implantación de la tecnología BIM en estudios universitarios de Arquitectura e Ingeniería*, Centro Universitario de Mérida, Universidad de Extremadura.
- Public Works Financing. 2015, *Public Works Financing*. Available: <http://pwfinance.net/>.
- Rodríguez Uría, M. V., Pérez Gladish, B., Arenas Parra, M., Bilbao Terol, A. & Antomil, J. 2007, "La acción tutorial en la Universidad en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior", *XV Jornadas de ASEPUMA y III Encuentro Internacional*.
- Sabatini, F. 1990, "Precios del suelo y edificación de viviendas (4 conclusiones sobre Santiago relevantes para políticas urbanas)", *Eure*, vol. 16, no. 49, pp. 63-72.
- Sacks, R. & Barak, R. 2010, "Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education", *Journal of professional issues in engineering education and practice © ASCE*, vol. 136, no. January 2010, pp. 30-38.
- Sánchez Grandía, R. 2013, "Titulación académica de Arquitectura Técnica y su evolución a Ingeniería de Edificación", *Reunión de Asesores Jurídicos: la titulación de Ingeniería de Edificación*. CODATIE. Madrid.
- SEOPAN. 2013, *Informe Económico 2012*, ANCOP, Madrid.
- SEOPAN. 2012, *Informe Económico 2011*, ANCOP, Madrid.
- Sinclair, S. 2014, "UK: BIM and the new EU Public Procurement Directives: An Update", *International Quarterly*, [Online], vol. 09.
- Succar, B., octubre, 16 de 2015, 2015-last update, BIM Framework [Homepage of Bilal Succar], [Online]. Available: <http://www.bimframework.info> [septiembre, 19 de 2015, 2015].
- Succar, B., octubre, 16 de 2015, 2015-last update, BIM ThinkSpace [Homepage of Bilal Succar], [Online]. Available: <http://www.bimthinkspace.com/> [octubre, 17 de 2015, 2015].

- Succar, B., octubre, 16 de 2015, 2014-last update, BIM Framework: Conceptual Hierarchy [Homepage of Bilal Succar], [Online]. Available: <http://www.bimframework.info/2014/07/conceptual-hierarchy.html> [septiembre, 19 de 2015, 2015].
- Succar, B., octubre, 16 de 2015, 2014-last update, BIM Framework: BIM Knowledge Content [Homepage of Bilal Succar], [Online]. Available: <http://www.bimframework.info/2014/07/bim-knowledge-content.html> [septiembre, 19 de 2015, 2015].
- Succar, B., octubre, 16 de 2015, 2005-last update, BIM ThinkSpace: The BIM Episodes - Episode 1: Introduction [Homepage of Bilal Succar], [Online]. Available: <http://www.bimthinkspace.com/> [octubre, 17 de 2015, 2015].
- Succar, B., octubre, 16 de 2015, 2005-last update, BIM ThinkSpace: The BIM Episodes - Episode 2: Focus on modeling [Homepage of Bilal Succar], [Online]. Available: <http://www.bimthinkspace.com/> [octubre, 17 de 2015, 2015].
- Succar, B., octubre, 16 de 2015, 2005-last update, BIM ThinkSpace: The BIM Episodes - Episode 3: Focus on information [Homepage of Bilal Succar], [Online]. Available: <http://www.bimthinkspace.com/> [octubre, 17 de 2015, 2015].
- Teicholz, P. 2004, Abril/14/2004-last update, *Labor productivity declines in the construction industry: Causes and remedies* [Homepage of Dr. Lachmi Khemlani], [Online]. Available: http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue_4.html [2013, Agosto/29].
- Thomas, J.W., Mergendoller, J.R. & Michaelson, A. 1999, *“Project Based Learning”, a Guide to Standards-Focused Project Based Learning for Middle and High School Teachers*, Buck Institute for Education, Novato, CA.
- Underwood, J. & Ayoade, O. 2015, "Current Position and Associated Challenges of BIM Education in UK Higher Education".
- Universitat Politècnica de València. 2009, *Memoria para la solicitud de verificación del Título de Grado en Ingeniería de Edificación por la Universitat Politècnica de València*.
- UPM. 2008, *Aprendizaje Cooperativo. Guías rápidas sobre nuevas tecnologías*, Servicio de Innovación Educativa Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- van Verlo, L., Helmholt, K.A. & Hoekstra, W. 2009, "C2B: Augmented Reality on the construction site", *9th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*.

Verkstadsforum. 2015, *Applauds to the European Parliament's call to modernize EU public works projects with BIM technology*. Available: http://verkstadsforum.se/nyheter_e.asp?n=90 [2014, septiembre, 15].

Via Célere. 2015, *Vía Célere*. Available: <http://www.viacelere.com/>.

Vico Software 2015, 2015-last update, *Flowline Scheduling* [Homepage of Vico Software], [Online]. Available: <http://www.vicosoftware.com/what-is-flowline-scheduling?&t=35142> [2015, septiembre, 15 de 2015].

Vidal Más, R. Ponente Magistrada 2014, *Sentencia número 341/14 del Recurso número 437/11*, Tribunal Superior de Justicia de la Comunitat Valenciana. Sala de lo Contencioso Administrativo. Sección quinta.

Winch, G. 2003, "Models of manufacturing and the construction process: the genesis of re-engineering construction", *Building Research & Information*, vol. 31, no. 2, pp. 107-118.

Winch, G. M. 2003, "How innovative is construction? Comparing aggregated data on construction innovation and other sectors – a case of apples and pears", *Construction Management and Economics*, vol. 21, no. 6, pp. 651-654.

LISTADO DE FIGURAS Y TABLAS



Figuras

Figura 1. El ciclo de la construcción y el PIB. 2013. SEOPAN	7
Figura 2. Acto de constitución de la Comisión para la implantación de la metodología BIM. 2015. www.fomento.gob.es	12
Figura 3. Relación LOD/D BIM/Modelo Tradicional. 2015. Interpretación propia de la correspondencia entre fases	88
Figura 4. Niveles de madurez BIM. 2014. BS1192	103
Figura 5. Modeladores no-BIM. 2015. BIM ThinkSpace	114
Figura 6. Dirección ideal del pensamiento según la Taxonomía de Bloom. 2013. ANECA	116
Figura 7. La construcción de conocimiento en la esfera BIM. 2015. BIM ThinkSpace.....	117
Figura 8. Jerarquía conceptual BIM. 2014. BIM Framework.....	118
Figura 9. La metodología BIM (Policy Field) y su taxonomía dentro del marco conceptual BIM. 2014. BIM Framework.....	120
Figura 10. Tabla de la taxonomía de la metodología BIM. 2014. BIM Framework.....	123
Figura 11. Esquema del Marco para la Educación Colaborativa elaborado en Australia por su Comisión BIM. 2014. BIM Framework	124
Figura 12. Flujo de adquisición de competencias BIM en los tres ámbitos: tecnología, procesos y metodología. 2014. BIM Framework	126
Figura 13. Método de la triple A (en inglés) para la definición, aplicación y evaluación de las competencias BIM. 2014. BIM Framework	127
Figura 14. Índice de los Niveles de Madurez Competencial BIM. 2013. BIM Framework .	128
Figura 15. Sucesión de curvas sigmoideas del aprendizaje del profesional AEC. 2015. Deutsch 2011 con modificaciones de la autora.....	132
Figura 16. Sucesión de curvas sigmoideas del aprendizaje del estudiante AEC. 2015. Elaboración propia.....	141
Figura 17. Diagrama Bew-Richards de los niveles de madurez BIM. 2008. Mervyn Richards y Mark Bew.....	162
Figura 18. BTIM o matriz del impacto de la enseñanza-aprendizaje en BIM. 2013. Underwood.....	172
Figura 19. Interés por BIM en función de las disciplinas. 2015. Underwood	173

Figura 20. Incorporación de BIM al currículo por disciplinas. 2015. Underwood.....	174
Figura 21. Instituciones miembros iniciales del BAF. 2013. Underwood.....	177
Figura 22. Resultados de la National BIM Survey 2013 de Reino Unido. 2013. NBS	187
Figura 23.1. Actividad en las empresas constructoras españolas en el año 2009. 2009. CNC	196
Figura 23.2. Actividad en las empresas constructoras españolas en el año 2012. 2012. CNC	197
Figura 23.3. Actividad en las empresas constructoras españolas en el año 2014. 2014. CNC	198
Figura 24. Actividad de Grupo Lobe en los últimos años. 2014. Memoria anual 2014. www.construccioneslobe.es.....	201
Figura 25. Flujo de aprendizaje o learnflow. 2015. Jurado	247
Figura 26. Taller de Tecnología en formato Vertical. 2015. Jurado	248
Figura 27. Logotipo de GURV. 2015. www.gurv.es	262
Figura 28. Logotipos de los distintos congresos EUBIM. Varios. www.eubim.com	263
Figura 29. Portadas de las actas de los distintos congresos EUBIM. Varios. www.upv.es	264
Figura 30. Manifiesto BIM Académico. 2015. www.eubim.com	267
Figura 31. Nota de prensa del Ministerio de Fomento. 2015. Ministerio de Fomento	270
Figura 32. Instituciones convocadas para formar parte de la Comisión e.BIM del Ministerio de Fomento. 2015. INECO	271
Figura 33. Estructura organizativa de la Comisión e.BIM del Ministerio de Fomento. 2015. INECO.....	273
Figura 34. Calendario de la Comisión e.BIM del Ministerio de Fomento. 2015. Elaboración propia.....	275
Figura 35. Modalidades de estrategias bottom-up. 2015. Elaboración propia a partir de Fernández Álvarez, 2014.....	287
Figura 36. Competencias específicas para el Grado en Ingeniería de Edificación. 2009. UPV	309
Figura 37. Procedimiento de verificación de títulos universitarios. 2015. Elaboración propia.....	309

Figura 38. Protocolo de modificación de PE. 2015 Elaboración propia.....	310
Figura 39. Sucesión de curvas sigmoideas del aprendizaje del estudiante AEC por curso. 2015. Elaboración propia.....	371
Figura 40. Organización funcional de Talleres de Gestión de Proyectos con BIM. 2015. Elaboración propia.....	377
Figura 41. Relación LOD/D BIM/Modelo Tradicional/Plan de Estudios. 2015. Interpretación propia de la correspondencia entre fases	380
Figura 42. Procedimiento de trabajo en los Talleres de Gestión de Proyectos con BIM. 2015. Elaboración propia.....	383



Tablas

Tabla 1. Calendario de la Ley de Servicios Profesionales. 2015. Elaboración propia	37
Tabla 2. Evolución del número de cursos y asignaturas. 2015. Elaboración propia	43
Tabla 3. Nuevas titulaciones alternativas al Grado en Ingeniería de Edificación. 2015. Elaboración propia.....	56
Tabla 4. Importe de los umbrales de aplicación de la EUPPD según tipo de contrato. 2015. Elaboración propia.....	147
Tabla 5. Calendario de la Ley de Contratos del Sector Público. 2015. Elaboración propia	151
Tabla 6. Correspondencias entre el ALCSP y la EUPPD. 2015. Elaboración propia.....	152
Tabla 7. Competencias BIM para la educación superior. 2015. Traducción e interpretación propia a partir de Platts, 2013	167
Tabla 8. Obras internacionales de infraestructura lideradas por empresas españolas. 2015. Elaboración propia a partir de los datos del MAEC	194
Tabla 9. Oferta de estudios de especializados en BIM en los centros privados de enseñanza españoles. 2015. Elaboración propia.....	209
Tabla 10. Oferta de estudios de especializados en BIM en los colegios profesionales de aparejadores, arquitectos técnicos e ingenieros de edificación. 2015. Elaboración propia.....	213
Tabla 11. Oferta de estudios de posgrado en BIM en la universidad pública española. 2015. Elaboración propia.....	220
Tabla 12. Oferta de estudios de posgrado en BIM en la universidad privada española. 2015. Elaboración propia.....	221
Tabla 13. Oferta de estudios de grado en la rama AEC en la universidad española. 2015. Elaboración propia.....	224
Tabla 14. Universidades que han iniciado experiencias de integración de BIM en los grados AEC en la universidad española. 2015. Elaboración propia.....	234
Tabla 15. Acciones para la integración de BIM en la ETSIE de la UPV. 2015. Elaboración propia.....	257
Tabla 16. Convergencia EEES/BIM/EUPPD. 2015. Elaboración propia	294
Tabla 17. Categorías de la Taxonomía de Bloom y los verbos asociados para enunciar los RDA. 2015. Elaboración propia a partir de la Guía de la ANECA 2013.....	301

Tabla 18. Correlación entre resultados de aprendizaje, metodologías de enseñanza aprendizaje y métodos de evaluación. 2015. Elaboración propia a partir de la Guía de la ANECA 2013	302
Tabla 19. Recomendaciones de la ANECA para la denominación de las competencias. 2015. Elaboración propia.....	326
Tabla 20. Introducción de materias BIM en la estructura inicial del PE. 2015. Elaboración propia.....	355
Tabla 21. Organización secuencial de las asignaturas del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV. 2015. Elaboración propia	361
Tabla 22. Avance de propuesta de Asignaturas del PE. 2015. Elaboración propia.....	379
Tabla 23. Ajuste del Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV. Primer y segundo curso. 2015. Elaboración propia	388
Tabla 24. Ajuste del Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV. Segundo curso. 2015. Elaboración propia	391
Tabla 25. Ajuste del Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV. Tercer curso. 2015. Elaboración propia	395
Tabla 26. Ajuste del Plan de Estudios del Grado en Arquitectura Técnica de la ETSIE-UPV. Cuarto curso. 2015. Elaboración propia	398



ANEXOS

Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación: diseño de una propuesta.



Anexo 1. Planes de Estudio

Plan Experimental de 1977. Desglose de asignaturas

Asignatura	Horas/semana	Créditos
Primer Curso	31,00	85,25
Construcción I	3,00	8,25
Dibujo Arquitectónico	5,00	13,75
Geometría Descriptiva	5,00	13,75
Física	5,00	13,75
Cálculo Matemático	5,00	13,75
Álgebra Lineal	5,00	13,75
Materiales de Construcción I	3,00	8,25
Segundo Curso	33,00	90,75
Legislación	3,00	8,25
Construcción II-III	5,00	13,75
Dibujo Detalles Arquitectónicos II	5,00	13,75
Estructuras I-II	5,00	13,75
Instalaciones	5,00	13,75
Materiales de Construcción II	5,00	13,75
Topografía	3,00	8,25
Idioma I	2,00	5,50
Tercer Curso	33,00	90,75
Economía	3,00	8,25
Construcción IV-V	5,00	13,75
Hª de la Construcción	2,00	5,50
Estructuras III	3,00	8,25
Equipos de Obras	3,00	8,25
Mediciones, Presupuestos y Valoración	5,00	13,75
Organización, Programación y Control	5,00	13,75
Oficina Técnica	5,00	13,75
Idioma II	2,00	5,50
Total créditos obligatorios		266,75
Optativas (2 en segundo y/o tercer curso)		11,00

Asignatura	Horas/semana	Créditos
Patología y Técnicas de Rehabilitación	3,00	8,25
Control de Calidad	2,00	5,50
Construcción Industrializada	2,00	5,50
Cimentaciones	2,00	5,50
Forjados	2,00	5,50
Informática	3,00	8,25
Trabajo Final de Carrera	6 meses	4,50
Créditos totales del Plan de Estudios		282,25

En la elaboración de esta tabla y para poder compararla con los otros PE se han pasado las horas por semana a créditos de 10 horas. Para eso se ha tenido en cuenta que la Generalitat Valenciana define una duración del curso de 27,5 semanas, y que esta equivalencia es la utiliza oficialmente la UPV. Se ha estimado la duración de las optativas en 11 créditos, representativo de una duración normal y para la duración del Trabajo Final de Carrera 4,5 créditos porque es la asignada al dicho T en el siguiente PE.

El Plan de Estudios de 1999 (opción inicial de 3 cursos)

PRIMER CURSO				
ASIGNATURAS	TIPO	CRÉDITOS ECTS		
		teóricos	prácticos	totales
Fundamentos matemáticos de la Arquitectura Técnica	troncal (A)	7,20	6,30	13,50
Materiales de Construcción I. Tecnología y Control	troncal (A)	6,00	3,00	9,00
Construcción I	troncal (A)	6,00	3,00	9,00
Economía Aplicada	troncal (1er C)	4,20	1,80	6,00
Topografía y Replanteos	troncal (2º C)	3,60	3,90	7,50
Fundamentos Físicos de la Arquitectura Técnica	troncal (1er C)	3,75	3,75	7,50
Mecánica de las Estructuras	obligat. (2º C)	3,00	3,00	6,00
Geometría Descriptiva	obligat. (1er C)	4,20	4,80	9,00
Expresión Gráfica aplicada a la Edificación	troncal (2º C)	1,80	7,20	9,00
			<i>troncales</i>	61,50
			<i>obligatorios</i>	15,00
			<i>optativos</i>	0,00
			<i>libre elección</i>	0,00
TOTAL				76,50

SEGUNDO CURSO				
ASIGNATURAS	TIPO	CRÉDITOS ECTS		
		teóricos	prácticos	totales
Instalaciones	troncal (A)	6,00	6,00	12,00
Créditos de libre Configuración	-	-	-	18,00
Materiales de Construcción II. Tecnología y Control	troncal (A)	4,50	4,50	9,00
Construcción II	troncal (A)	6,00	6,00	12,00
Estructuras de la Edificación	troncal (A)	7,50	7,50	15,00
Dibujo Arquitectónico. Análisis Gráfico del Proyecto	obligat. (A)	3,00	6,00	9,00
Historia de la Construcción	obligat. (1er C)	2,25	2,25	4,50

SEGUNDO CURSO				
Aspectos legales de la Construcción. Gestión Urbanística	obligat. (2º C)	4,50	1,50	6,00
			<i>troncales</i>	54,00
			<i>obligatorios</i>	13,50
			<i>optativos</i>	0,00
			<i>libre elección</i>	18,00
TOTAL				85,50

TERCER CURSO				
ASIGNATURAS	TIPO	CRÉDITOS		
		teóricos	prácticos	totales
Construcción. Tipologías y Sistemas Constructivos	obligat. (A)	6,00	6,00	12,00
Área de Intensificación	optativa (A)	9,00	9,00	18,00
Equipos de Obra. Instalaciones y Medios Auxiliares	troncal (1º C)	3,00	3,00	6,00
Optativas	(2º C)	3,00	3,00	6,00
Libre Elección				7,00
Seguridad y Prevención	troncal (1º C)	3,00	3,00	6,00
Técnicas de Organización y Programación de Obras.	troncal (2º C)	4,85	4,90	9,75
Calidad de la Edificación y su Control	obligat. (1º C)	2,25	2,25	4,50
Técnicas de Gestión de Presupuestos	troncal (2º C)	4,85	4,90	9,75
Proyectos	troncal (1º C)	1,50	3,00	4,50
Proyecto Fin de Carrera (1 crédito = 30 horas)	PFC	1,50	3,00	4,50
			<i>troncales</i>	36,00
			<i>obligatorios</i>	16,50
			<i>optativos</i>	24,00
			<i>libre elección</i>	7,00
			<i>TFC</i>	4,50
TOTAL				88,00
TOTAL TITULACIÓN				250

ASIGNATURAS OPTATIVAS				
DENOMINACIÓN	UBICACIÓN	CRÉDITOS		
		teóricos	prácticos	totales
Arqueología Urbana	2º C. 3er curso	3,00	3,00	6,00
Control Presupuestario	2º C. 3er curso	3,00	3,00	6,00
Instalaciones de Infraestructuras	2º C. 3er curso	3,00	3,00	6,00
Tasaciones Inmobiliarias	2º C. 3er curso	3,00	3,00	6,00
Patología y Mantenimiento de Edificios	2º C. 3er curso	3,00	3,00	6,00
Informática Gráfica	2º C. 3er curso	3,00	3,00	6,00
Francés I	2º C. 3er curso	3,00	3,00	6,00
Francés II	2º C. 3er curso	3,00	3,00	6,00
Inglés I	2º C. 3er curso	3,00	3,00	6,00
Inglés II	2º C. 3er curso	3,00	3,00	6,00
Optimización Combinatoria Aplicada a la Construcción	2º C. 3er curso	3,00	3,00	6,00

ÁREAS DE INTENSIFICACIÓN			
DENOMINACIÓN	DEPARTAMENTOS VINCULADOS	CRÉDITOS/ DPTO	TOTALES
Arquitectura de Interiores	Construcciones Arquitectónicas	3,00	18,00
	Expresión Gráfica Arquitectónica	10,50	
	Física Aplicada	4,50	
Gestión y Economía del Proceso Constructivo	Construcciones Arquitectónicas	4,50	18,00
	Economía Financiera y Contabilidad	13,50	
Intervención en Edificios Existentes	Construcciones Arquitectónicas	10,50	18,00
	Expresión Gráfica Arquitectónica	3,00	
	Mecánica Medios Continuos y Teoría de las Estructuras	4,50	
Calidad en el Proceso Constructivo	Construcciones Arquitectónicas	18,00	18,00
Tecnología en el Proceso Constructivo	Construcciones Arquitectónicas	9,00	18,00
	Física Aplicada	4,50	
	Mecánica Medios Continuos y Teoría de las Estructuras	4,50	

ASIGNATURAS DE LIBRE ELECCIÓN		
DENOMINACIÓN	UBICACIÓN	CRÉDITOS
Fotografía	1 ^{er} C	6,00
Inglés: Compresión y Expresión Oral	1 ^{er} C	6,00
Historia de la Ciencia y la Tecnología	1 ^{er} C	6,00
Valenciano Técnico	1 ^{er} C	6,00
Diseño asistido por ordenador 3D	1 ^{er} C	6,00
Construcción Medioambiental	1 ^{er} C	6,00
Ampliación de Matemáticas	1 ^{er} C	6,00
Inglés Aplicado a la Empresa	2 ^o C	6,00
Francés Básico	2 ^o C	6,00
Métodos Estadísticos para la Construcción	2 ^o C	6,00
Metodología para la Resolución de Problemas Científicos y Técnicos	2 ^o C	6,00
Inglés: Compresión y Expresión Oral	2 ^o C	6,00
Recursos Humanos	2 ^o C	6,00
Ampliación de Matemáticas	2 ^o C	6,00
Calidad en la edificación: Fundamentos y Principios Básicos	2 ^o C	6,00
Diseño asistido por ordenador 3D	2 ^o C	6,00
Construcción de las estructuras	2 ^o C	6,00
Gestión Técnica en la Administración Pública, Servicios de Protección.	2 ^o C	6,00
Seguridad Laboral. Responsabilidades profesionales.	2 ^o C	6,00
Valenciano Técnico Avanzado. Proyecto Europa	2 ^o C	6,00
Taller de Levantamiento de Arquitectónicas Históricas. Proyecto Europa	2 ^o C	6,00
Iniciación a la Experiencia Profesional. Proyecto Europa	2 ^o C	6,00

El Plan de Estudios de 1999 (opción de 4 cursos)

PRIMER CURSO				
ASIGNATURAS	TIPO	CRÉDITOS ECTS		
		teóricos	prácticos	totales
Fundamentos matemáticos de la Arquitectura Técnica	troncal (A)	7,20	6,30	13,50
Materiales de Construcción I. Tecnología y Control	troncal (A)	6,00	3,00	9,00
Construcción I	troncal (A)	6,00	3,00	9,00
Fundamentos Físicos de la Arquitectura Técnica	troncal (1 ^{er} C)	3,75	3,75	7,50
Geometría Descriptiva	obligat. (1 ^{er} C)	4,20	4,80	9,00
Expresión Gráfica aplicada a la Edificación	troncal (2 ^o C)	1,80	7,20	9,00
TOTAL				57,00

SEGUNDO CURSO				
ASIGNATURAS	TIPO	CRÉDITOS ECTS		
		teóricos	prácticos	totales
Economía Aplicada	troncal (1 ^{er} C)	4,20	1,80	6,00
Mecánica de las Estructuras	obligat. (2 ^o C)	3,00	3,00	6,00
Topografía y Replanteos	troncal (2 ^o C)	3,60	3,90	7,50
Instalaciones	troncal (A)	6,00	6,00	12,00
Créditos de libre Configuración	-	-	-	18,00
Materiales de Construcción II. Tecnología y Control	troncal (A)	4,50	4,50	9,00
Construcción II	troncal (A)	6,00	6,00	12,00
Libre Elección				12,00
Historia de la Construcción	obligat. (1 ^{er} C)	2,25	2,25	4,50
TOTAL				69,00

TERCER CURSO				
ASIGNATURAS	TIPO	CRÉDITOS		
		teóricos	prácticos	totales
Construcción. Tipologías y Sistemas Constructivos	obligat. (A)	6,00	6,00	12,00
Estructuras de la Edificación	troncal (A)	7,50	7,50	15,00

TERCER CURSO				
Dibujo Arquitectónico. Análisis Gráfico del Proyecto	obligat. (A)	3,00	6,00	9,00
Aspectos legales de la Construcción. Gestión Urbanística.	obligat. (2º C)	4,50	1,50	6,00
Equipos de Obra, Instalaciones y Medios Auxiliares	troncal (1º C)	3,00	3,00	6,00
Libre Elección				13,00
Seguridad y Prevención	troncal (1º C)	3,00	3,00	6,00
Calidad de la Edificación y su Control	obligat. (1º C)	2,25	2,25	4,50
TOTAL				71,50

CUARTO CURSO				
ASIGNATURAS	TIPO	CRÉDITOS		
		teóricos	prácticos	totales
Área de Intensificación	optativa (A)	9,00	9,00	18,00
Optativas	(2º C)	3,00	3,00	6,00
Técnicas de Organización y Programación de Obras.	troncal (2º C)	4,85	4,90	9,75
Técnicas de Gestión de Presupuestos	troncal (2º C)	4,85	4,90	9,75
Proyectos	troncal (1º C)	1,50	3,00	4,50
Proyecto Fin de Carrera	PFC	1,50	3,00	4,50
TOTAL				52,50
TOTAL TITULACIÓN				250

Plan de Estudios del Título de Grado de Ingeniería de Edificación

DISTRIBUCIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS EN CRÉDITOS ECTS POR TIPO DE MATERIA	
TIPO DE MATERIA	CRÉDITOS
Formación básica	63
Obligatorias	141
Optativas	18
Prácticas externas	6
Trabajo de fin de grado	12
TOTAL	240

DISTRIBUCIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS EN CRÉDITOS ECTS POR MÓDULOS	
MÓDULOS	CRÉDITOS
Fundamentos Científicos	19,50
Expresión Gráfica Básica	18,00
Química y Geología	6,00
Instalaciones Básicas	6,00
Empresa	7,50
Derecho	6,00
Expresión Gráfica	9,00
Técnicas y Tecnología de la Edificación	57,00
Estructuras e Instalaciones de Edificación	18,00
Gestión del Proceso	27,00
Gestión Urbanística y Economía Aplicada	15,00
Proyectos Técnicos	9,00
Ejecución de Obras	12,00
Complementos Específicos (Optativas)	6,00

DISTRIBUCIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS EN CRÉDITOS ECTS POR MATERIAS	
MATERIAS	CRÉDITOS
Matemática aplicada	10,50
Física Aplicada	9,00
Expresión Gráfica en la Edificación	18,00
Fundamentos de Materiales de Construcción	6,00
Fundamentos de Instalaciones	6,00
Economía Aplicada	7,50
Derecho Aplicado	6,00

DISTRIBUCIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS EN CRÉDITOS ECTS POR MATERIAS	
Expresión Gráfica Aplicada	9,00
Materiales de Construcción	13,50
Construcción	43,50
Estructuras de Edificación	12,00
Instalaciones de Edificación	6,00
Organización del Proceso Edificatorio	12,00
Prevención y Seguridad Laboral	6,00
Calidad en la Edificación	6,00
Gestión Integral del Proceso Edificatorio	6,00
Gestión Urbanística	4,50
Peritaciones, Tasaciones y Valoraciones	4,50
Presupuestos y Control Económico	6,00
Proyectos Técnicos	9,00
Ejecución de obras	6,00
Prácticas externas	6,00

ORDENACIÓN SECUENCIAL DE LAS MATERIAS DEL PLAN DE ESTUDIOS			
PRIMER CURSO			
ASIGNATURAS		SEMESTRE 01	SEMESTRE 02
Matemáticas I	Matemáticas II	4,50	6,00
Geometría Descriptiva		9,00	
Economía	Física	7,50	4,50
Materiales I	Materiales II	6,00	4,50
Dibujo Arquitectónico I		9,00	
Construcción I		9,00	
		TOTAL	60,00
SEGUNDO CURSO			
ASIGNATURAS		SEMESTRE 03	SEMESTRE 04
Instalaciones I	Instalaciones Edificación	6,00	6,00
Materiales III		9,00	
Derecho	Gestión Urbanística	6,00	4,50
Expresión Gráfica Aplicada	Topografía	4,50	4,50
Mecánica de Estructuras	Estructuras I	4,50	6,00
Construcción II	Construcción III	4,50	4,50

ORDENACIÓN SECUENCIAL DE LAS MATERIAS DEL PLAN DE ESTUDIOS			
		TOTAL	60,00
TERCER CURSO			
ASIGNATURAS		SEMESTRE 05	SEMESTRE 06
Construcciones Históricas	Equipos de Obra	4,50	6,00
Estructuras II	Seguridad I	6,00	4,50
Optativa	Proyectos I	6,00	4,50
Calidad	Presupuestos	6,00	6,00
	Ejecución de Obras		6,00
Construcción IV	Construcción V	5,25	5,25
		TOTAL	60,00
CUARTO CURSO			
ASIGNATURAS		SEMESTRE 07	SEMESTRE 08
Construcción VI		4,50	
Gestión Integral		6,00	
Organización		6,00	
Tasaciones		4,50	
Seguridad II		4,50	
Proyectos II		4,50	
	Prácticas Externas		6,00
	Área de Intensificación		12,00
	Proyecto Fin de Grado		12,00
		TOTAL	60,00
		TOTAL TITULACIÓN	240,00

ASIGNATURAS OPTATIVAS (COMPLEMENTOS ESPECÍFICOS)	
DENOMINACIÓN	CRÉDITOS
Complementos Matemáticos	6,00
Construcción y Medio Ambiente	6,00
Instalaciones Urbanas	6,00
Dirección de Empresas	6,00
Infografía Arquitectónica	6,00
Tecnologías Avanzadas de Levantamiento	6,00
Restauración Arquitectónica	6,00
Química Aplicada	6,00
Lingüística Aplicada	6,00

ÁREAS DE INTENSIFICACIÓN	
DENOMINACIÓN	CRÉDITOS
Proyecto de Interiores	12,00
Intervención	12,00
Comportamiento Mecánico de los Materiales	12,00
Eficiencia Energética	12,00
Tecnología de los Materiales	12,00
Empresas de Edificación	12,00



Anexo 2. Guion de las entrevistas

Durante la elaboración de esta tesis se plantea la necesidad de conocer y evaluar el papel que la adopción de la metodología BIM ha jugado en la vida profesional del colectivo de los arquitectos técnicos que se han visto seriamente afectados por la crisis del sector de la construcción, y cómo afrontaron y resolvieron su formación en esta metodología en las circunstancias tan particulares en las que se encontraban: inmersos en una profunda crisis del sector, afectados profesional, anímica y económicamente por ella, con tiempo para acometer un reciclado formativo, y en ocasiones sin orientación clara de cómo, dónde, con quien hacerlo, por no hablar de las dificultades económicas con las que se podían encontrar.

El Trabajo Final de Grado en Arquitectura Técnica titulado *“Gestión de proyectos con BIM: la adopción de esta metodología por parte del colectivo de arquitectos técnicos”* presentado en la ETSIE de la UPV por Héctor Gil Gil, y cotutelado por las profesoras Elena Navarro Ástor y la que suscribe esta tesis, surge como paralelamente a esta necesidad de investigación y se plantea como una colaboración a la misma. El TFG se diseñó paralelamente con su objetivo principal centrado en conocer y evaluar el papel que la adopción de la metodología BIM ha jugado en la vida profesional del colectivo de los arquitectos técnicos que se han visto seriamente afectados por la crisis del sector de la construcción. Se aprovecharía el TFG para abordar con los entrevistados el tema de su formación en BIM a través de dos de los objetivos específicos:

- Descubrir cómo los técnicos seleccionados entraron en contacto con la metodología BIM.
- Conocer cómo la incorporaron a su vida profesional y en qué grado.

Al respecto de la metodología empleada en la investigación, decir que dicho término define el modo en que, ante una determinada problemática buscamos las respuestas o soluciones oportunas. En función de nuestros intereses, propósitos o aspiraciones elegimos una metodología u otra. Cuando la metodología a emplear está relacionada con las ciencias sociales, los comportamientos y actitudes del ser humano, aparecen tanto el método cuantitativo, como el cualitativo como los más utilizados por los autores de tiempos atrás. En este caso se eligió el método de estudio cualitativo que tiene su origen en dos corrientes epistemológicas; por un lado, estaríamos hablando de la hermenéutica, la cual invita a la interpretación de

las expresiones, gestos y palabras del sujeto; y por otro lado la fenomenología, la cual se preocupa de la comprensión del sujeto, tratando de conocer las vivencias y experiencias del mismo. Algunas de las cualidades del método cualitativo, que se ajustan exactamente a lo que se pretendía en esta investigación, son según Rodríguez (1999):

- No se parte de hipótesis, no se pretenden demostrar teorías existentes, más bien se busca generar teoría a partir de los resultados obtenidos.
- Las personas, los escenarios o los grupos no son reducidos a variables, sino considerados como totalidad y en su totalidad (metodología holística).
- Presenta una perspectiva histórica y dinámica. El investigador estudia las personas y los grupos tratando de reconstruir y comprender su pasado, el contexto y las situaciones presentes en los que se hallan.
- Estudia a las personas y a los grupos en su ambiente natural y en la vida cotidiana. Los investigadores interactúan con ellos de una manera natural (naturalista)
- Produce datos descriptivos, trabaja con las propias palabras de las personas, y con las observaciones de su conducta.
- Tiende a ser flexible en su metodología, la forma específica de recolección de información se va definiendo y transformando durante el transcurso de la investigación, dadas las condiciones naturales en las que se realiza.

Para ello se elaboró un “guion de entrevistas” que constaba de 26 preguntas. Además algunas preguntas tenían subpreguntas que debían servir al entrevistador para enriquecer aún más la comunicación. En realidad, y atendiendo al objetivo principal del TFG, el conjunto de la entrevista estaba enfocado a dar respuesta a la siguiente cuestión: La metodología BIM, ¿podría suponer una forma de incorporarse de nuevo al mercado laboral para los arquitectos técnicos afectados por la crisis? Sin embargo hay dos partes de la entrevista, la IV y la V (y la parte VIII indirectamente) con preguntas dedicadas enteramente a abordar el tema de la formación en BIM. Se presenta a continuación el guion empleado:

I. DATOS GENERALES:

- Género
- Edad
- Estado civil
- Situación de convivencia/nº de hijos/edades/convivencia con los hijos
- Sustentador principal de la familia

- Año de finalización de los estudios de AT
- Situación laboral actual (parado/en activo)

II. TUS ESTUDIOS DE ARQUITECTURA TÉCNICA (AT):

- 1) ¿Alguna vez te has arrepentido de estudiar AT? ¿Por qué?
- 2) ¿Has cursado la adaptación al Grado? ¿Por qué?
- 3) ¿Has cursado otros estudios universitarios aparte de AT? ¿Por qué?

III. TU TRAYECTORIA PROFESIONAL:

4) Hazme un relato acerca de tu trayectoria profesional desde que terminaste los estudios de AT hasta ahora, ¿cómo/cuál ha sido tu trayectoria profesional? (descripción detallada de las distintas situaciones laborales y de cómo ibas pasando de una ocupación a otra

- Por ejemplo, experiencias como asalariado o por cuenta propia; en despacho o constructora; a pie de obra, administración, docencia.
- Los trabajos que has ido desempeñando o los lugares de trabajo en los que has estado, ¿los elegiste tú entre otros? O por el contrario, ¿has recurrido a lo que se te ha ido ofreciendo en cada momento?

5) ¿Cuáles son las consecuencias de la crisis del sector en tu trabajo y en tu vida? ¿De qué manera te afecta la crisis?

- ¿Te llegas a quedar sin trabajo? ¿Cuándo?
- ¿Dónde estabas trabajando? Descríbeme el trabajo que desempeñabas, cuáles eras tus responsabilidades, cuál era tu situación profesional y económica en ese momento.
- Consecuencias económicas: ¿Cómo queda tu situación económica? ¿Cuentas con subsidio por desempleo? ¿Eras en ese momento el sustentador principal de la familia?
- ¿Cuáles eran en ese momento tus expectativas de trabajo? ¿Qué visión tenías de tu futuro inmediato?
- ¿Emprendes algún negocio invirtiendo el subsidio? Descríbelo si tiene relación con la profesión. ¿Cuál es la trayectoria del negocio?

IV. TU PRIMER CONTACTO CON BIM:

Intenta recordar la primera vez que oyes hablar de BIM.

6) Cuéntame cómo y cuándo fue y cuál fue tu primera impresión. ¿Qué pensaste sobre BIM?

- ¿Te interesas por el BIM desde el primer momento?
- ¿Eras consciente desde el principio de sus posibilidades o te parecía algo a muy largo plazo?

7) ¿Cuándo decides seguir informándote sobre esta metodología? ¿Dónde o a quién acudes para seguir informándote?

8) Cuéntame en qué momento sientes que BIM va a tener realmente la relevancia que parece. ¿Por qué lo sientes? ¿En base a qué lo sientes?

- ¿Te das cuenta conscientemente o es una apuesta a ciegas o un tanto intuitiva por tu situación?

V. FORMACIÓN EN BIM:

Háblame en detalle sobre la formación en BIM que has tenido.

9) ¿Cuándo decides empezar a formarte?

10) ¿Adónde o a quién acudes?

11) Explícame qué dificultades encuentras para empezar con la formación

12) ¿En qué consiste exactamente esa formación?

- ¿Empiezas formándote desde el punto de vista teórico (metodología) y pasas luego al aprendizaje del manejo de herramientas (tecnología)? ¿O cómo lo haces?
- ¿Qué herramientas aprendes a utilizar?

13) A medida que vas avanzando en tu formación o en el conocimiento de la metodología y las herramientas, ¿se hace más fácil o más difícil encontrar los recursos formativos acorde a tus avances?

14) ¿Cuánto tiempo inviertes? Horas al día, a la semana, por ejemplo.

15) Aproximadamente ¿cuánto dinero has invertido en formación en BIM?

VI. EL CAMBIO: REINVENTARSE Y SITUACIÓN ACTUAL

16) ¿Cuándo, cómo, por qué o a raíz de qué te das cuenta de que BIM puede ser una vía de salida a la situación laboral en la que te encuentras?

17) ¿Cuándo se produce el cambio? Cuéntame, dame detalles sobre cómo se materializa ese cambio.

- ¿Lo acometes solo? ¿Lo provocas tú con autoempleo? ¿Es el mercado el que te lo brinda? ¿En qué consiste?

18) Descríbenos cómo has adoptado BIM en tu nueva vida profesional.

19) ¿Cómo ha cambiado tu situación económica?

VII. VALORACIÓN GLOBAL SOBRE ESTA EXPERIENCIA:

20) ¿Cuáles han sido los aspectos positivos de la experiencia? Ponme ejemplos concretos.

21) ¿Cuáles han sido los aspectos negativos? Ponme ejemplos concretos.

- De lo que te ha supuesto la experiencia, de lo que has sacrificado, de los resultados obtenidos.

VIII. RECOMENDACIONES/SUGERENCIAS:

En base a tu experiencia como estudiante y como profesional de la AT

- 22) ¿Cuáles serían tus recomendaciones respecto al BIM para los recién graduados?
- ¿Opinas que los nuevos titulados deberemos ineludiblemente realizar un reciclaje inmediatamente después de terminar nuestros estudios de Grado en esa dirección?
- 23) ¿Cuáles serían tus recomendaciones respecto al BIM para los ya profesionales de la AT?
- ¿Cómo recomendarías que los ya profesionales de la AT acometiesen su formación en BIM?
- 24) ¿Cuáles serían tus recomendaciones respecto al BIM para los que dirigen la comunidad universitaria en general y para la ETSIE en particular?
- ¿Has pensado si esta responsabilidad para los nuevos titulados debería asumirla la administración pública a través de las universidades?
- 25) ¿Cuáles serían tus recomendaciones respecto al BIM para el colegio profesional de AT?
- 26) ¿Recomendarías BIM como revulsivo contra la falta de empleo en nuestra profesión?



Anexo 3. Planificación de las enseñanzas de Grado en Arquitectura Técnica según Orden ECI/3855/2007

MÓDULO	ECTS	COMPETENCIAS QUE DEBEN ADQUIRIRSE
De formación básica	60	
Fundamentos Científicos		Aptitud para utilizar los conocimientos aplicados relacionados con el cálculo numérico e infinitesimal, el álgebra lineal, la geometría analítica y diferencial, y las técnicas y métodos probabilísticos y de análisis estadístico.
		Conocimiento aplicado de los principios de mecánica general, la estática de sistemas estructurales, la geometría de masas, los principios y métodos de análisis del comportamiento elástico del sólido.
Expresión Gráfica		Capacidad para aplicar los sistemas de representación espacial, el desarrollo del croquis, la proporcionalidad, el lenguaje y las técnicas de la representación gráfica de los elementos y procesos constructivos.
Química y Geología		Conocimiento de las características químicas de los materiales empleados en la construcción, sus procesos de elaboración, la metodología de los ensayos de determinación de sus características, su origen geológico, del impacto ambiental, el reciclado y la gestión de residuos.
Instalaciones		Conocimiento de los fundamentos teóricos y principios básicos aplicados a la edificación, de la mecánica de fluidos, la hidráulica, la electricidad y el electromagnetismo, la calorimetría e higrtermia y la acústica.
Empresa		Conocimiento adecuado del concepto de empresa, su marco institucional, modelos de organización, planificación, control y toma de decisiones estratégicas en ambientes de certeza, riesgo e incertidumbre; sistemas de producción, costes, planificación, fuentes de financiación y elaboración de planes financieros y presupuestos.
		Capacidad para organizar pequeñas empresas, y de participar Como miembro de equipos multidisciplinares en grandes empresas.
Derecho		Conocimientos básicos del régimen jurídico de las Administraciones Públicas y de los procedimientos de contratación administrativa y privada.
Específico	108	
Expresión Gráfica		Capacidad para interpretar y elaborar la documentación gráfica de un proyecto, realizar toma de datos, levantamientos de planos y el control geométrico de unidades de obra.
		Conocimiento de los procedimientos y métodos infográficos y cartográficos en el campo de la edificación.
		Aptitud para trabajar con la instrumentación topográfica y proceder al levantamiento gráfico de solares y edificios, y su replanteo en el terreno.

MÓDULO	ECTS	COMPETENCIAS QUE DEBEN ADQUIRIRSE
Técnicas y Tecnología de la Edificación		Conocimiento de los materiales y sistemas constructivos tradicionales o prefabricados empleados en la edificación, sus variedades y las características físicas y mecánicas que los definen.
		Capacidad para adecuar los materiales de construcción a la tipología y uso del edificio, gestionar y dirigir la recepción y el control de calidad de los materiales, su puesta en obra, el control de ejecución de las unidades de obra y la realización de ensayos y pruebas finales.
		Conocimiento de la evolución histórica de las técnicas y elementos constructivos y los sistemas estructurales que han dado origen a las formas estilísticas.
		Aptitud para identificar los elementos y sistemas constructivos, definir su función y compatibilidad, y su puesta en obra en el proceso constructivo. Plantear y resolver detalles constructivos.
		Conocimiento de los procedimientos específicos de control de la ejecución material de la obra de edificación.
		Capacidad para dictaminar sobre las causas y manifestaciones de las lesiones en los edificios, proponer soluciones para evitar o subsanar las patologías, y analizar el ciclo de vida útil de los elementos y sistemas constructivos.
		Aptitud para intervenir en la rehabilitación de edificios y en la restauración y conservación del patrimonio construido.
		Capacidad para elaborar manuales y planes de mantenimiento y gestionar su implantación en el edificio.
		Conocimiento de la evaluación del impacto medioambiental de los procesos de edificación y demolición, de la sostenibilidad en la edificación, y de los procedimientos y técnicas para evaluar la eficiencia energética de los edificios.
Estructuras e Instalaciones de la Edificación		Capacidad para aplicar la normativa técnica al proceso de la edificación, y generar documentos de especificación técnica de los procedimientos y métodos constructivos de edificios.
		Aptitud para aplicar la normativa específica sobre instalaciones al proceso de la edificación.
		Aptitud para el predimensionado, diseño, cálculo y comprobación de estructuras y para dirigir su ejecución material.
		Capacidad para desarrollar constructivamente las instalaciones del edificio, controlar y planificar su ejecución y verificar las pruebas de servicio y de recepción, así como su mantenimiento.
Gestión del Proceso		Capacidad para programar y organizar los procesos constructivos, los equipos de obra, y los medios técnicos y humanos para su ejecución y mantenimiento.
		Conocimiento del derecho de la construcción y de las relaciones contractuales que se producen en las distintas fases del proceso de edificación, así como de la legislación, reglamentación y normativas específicas de la prevención y coordinación en materia de seguridad y salud laboral en la edificación.
		Aptitud para redactar estudios, estudios básicos y planes de seguridad y salud laboral, y coordinar la seguridad en fase de proyecto o en fase de ejecución de obra.
		Capacidad para la gestión del control de calidad en las obras, la redacción, aplicación, implantación y actualización de manuales y planes de calidad, realización de auditorías de gestión de la calidad en las empresas, así como para la elaboración del libro del edificio.
		Aptitud para analizar, diseñar y ejecutar soluciones que faciliten la accesibilidad universal en los edificios y su entorno.

MÓDULO	ECTS	COMPETENCIAS QUE DEBEN ADQUIRIRSE
		Conocimientos de la organización del trabajo profesional y de los estudios, oficinas y sociedades profesionales, la reglamentación y la legislación relacionada con las funciones que desarrolla el Ingeniero de Edificación y el marco de responsabilidad asociado a la actividad.
Gestión Urbanística y Economía aplicadas		Capacidad para confeccionar y calcular precios básicos, auxiliares, unitarios y descompuestos de las unidades de obra; analizar y controlar los costes durante el proceso constructivo; elaborar presupuestos
		Aptitud para el desarrollo de estudios de mercado, valoraciones y tasaciones, estudios de viabilidad inmobiliaria, peritación y tasación económica de riesgos y daños en la edificación.
		Capacidad para analizar y realizar proyectos de evacuación de edificios.
		Conocimiento del marco de regulación de la gestión y la disciplina urbanística.
Proyectos Técnicos		Capacidad para aplicar las herramientas avanzadas necesarias para la resolución de las partes que comporta el proyecto técnico y su gestión.
		Aptitud para redactar proyectos técnicos de obras y construcciones, que no requieran proyecto arquitectónico, así como proyectos de demolición y decoración.
		Aptitud para redactar documentos que forman parte de proyectos de ejecución elaborados en forma multidisciplinar.
		Capacidad de análisis de los proyectos de ejecución y su traslación a la ejecución de las obras.
		Conocimiento de las funciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en la edificación y de su organización profesional o empresarial. Los procedimientos administrativos, de gestión y tramitación.
		Conocimiento de la organización profesional y las tramitaciones básicas en el campo de la edificación y la promoción.
Proyecto Fin de Grado	12	Presentación y defensa ante un tribunal universitario de un proyecto fin de grado, consistente en un ejercicio de integración de los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas.

Anexo 4. Competencias transversales UPV. 2015

CT-01. **COMPRENSIÓN E INTEGRACIÓN.** Demostrar la comprensión e integración del conocimiento tanto de la propia especialización como en otros contextos más amplios

CT-02. **APLICACIÓN Y PENSAMIENTO PRÁCTICO.** Aplicar los conocimientos a la práctica, atendiendo a la información disponible, y estableciendo el proceso a seguir para alcanzar los objetivos con eficacia y eficiencia.

CT-03. **ANÁLISIS Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.** Analizar y resolver problemas de forma efectiva, identificando y definiendo los elementos significativos que los constituyen.

CT-04. **INNOVACIÓN, CREATIVIDAD Y EMPRENDIMIENTO.** Innovar para responder satisfactoriamente, y de forma original, a las necesidades y demandas personales, organizativas y sociales, con el propósito de aportar valor, con una actitud emprendedora.

CT-05. **DISEÑO Y PROYECTO.** Diseñar, dirigir, desarrollar y evaluar una idea de manera eficaz hasta concretarla en un servicio o producto.

CT-06. **TRABAJO EN EQUIPO Y LIDERAZGO.** Trabajar y liderar equipos de forma efectiva para la consecución de objetivos comunes de un grupo de personas, contribuyendo al desarrollo personal y profesional de los mismos.

CT-07. **RESPONSABILIDAD ÉTICA, MEDIOAMBIENTAL Y PROFESIONAL.** Actuar con responsabilidad ética, medioambiental y profesional ante uno mismo y los demás.

CT-08. **COMUNICACIÓN EFECTIVA.** Comunicarse de manera efectiva, tanto de forma oral como escrita, utilizando adecuadamente los recursos necesarios y adaptándose a las características de la situación y de la audiencia.

CT-09. **PENSAMIENTO CRÍTICO.** Desarrollar un pensamiento crítico que se interese por los fundamentos en los que se asientan las ideas, acciones y juicios, tanto propios como ajenos.

CT-10. **CONOCIMIENTO DE PROBLEMAS CONTEMPORÁNEOS.** Identificar e interpretar los problemas contemporáneos en su campo de especialización, así como en otros campos del conocimiento.

CT-11. APRENDIZAJE PERMANENTE. Utilizar el aprendizaje de manera estratégica, autónoma y flexible, a lo largo de toda la vida, en función del objetivo perseguido.

CT-12. PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL TIEMPO. Planificar adecuadamente el tiempo disponible y programar las actividades necesarias para alcanzar los objetivos, tanto académico-profesionales como personales.

CT-13. INSTRUMENTAL ESPECÍFICA. Utilizar adecuadamente las herramientas actualizadas necesarias para la práctica de la profesión.



València, octubre de 2015

