

TESIS DOCTORAL

| | |
|----------------------|---|
| Título | Análisis de las dificultades de integración de tecnología y metodología BIM en grados AEC |
| Realizada por | Alia Besné Yanguas |
| en el Centro | Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle |
| y en el Departamento | Arquitectura |
| Dirigida por | Dr. David Fonseca Escudero (URL) Dr. Albert Sanchez Riera (UPC) |

Análisis de las dificultades de integración de tecnología y metodología BIM en grados AEC

RESUMEN

La llegada del BIM (Building Information Modeling) al mundo laboral está conllevando la necesidad de la integración de dicha metodología en los planes de estudio de las universidades para formar a los futuros profesionales.

La integración de BIM, tanto en el ámbito empresarial como en el ámbito universitario, supone un cambio tecnológico, pero también metodológico en cuanto a la gestión de procesos y flujos de trabajo multidisciplinares. Las empresas que deciden realizar una implementación de este tipo y consiguen realizarlo de forma exitosa son aquellas que realizan ambos cambios simultáneamente. En este sentido, las universidades españolas llevan unos años ofreciendo másteres de gestión BIM, en los que imparten tecnología y procesos, es decir, la metodología completa. Sin embargo, cuando ha llegado el momento de integrarlo en grados se han centrado únicamente en la tecnología, dejando de lado los procesos y flujos de trabajo que completan dicha metodología. Esta problemática parte de la imposibilidad de cambiar los planes de estudios de forma ágil para integrar BIM, lo cual lleva a integrar la metodología únicamente en asignaturas que imparten formación en aplicaciones software y no se consigue que BIM sea transversal entre materias, como sí ocurre en el mundo laboral.

En el trabajo presentado se estudia la impartición de créditos BIM de todas las universidades españolas que imparten grados de Arquitectura y Arquitectura Técnica y Edificación, para analizar necesidades y problemáticas comunes. Las problemáticas encontradas llevan a realizar un estudio de la situación mundial, a un nivel más amplio y global, para comprobar si existen bases reguladas que las universidades puedan utilizar. Se realiza además un diseño específico de implementación BIM para el caso concreto de la Universidad Ramon Llull (URL), en los grados de Arquitectura y Arquitectura Técnica y Edificación de la Escuela Técnica-Superior de Arquitectura La Salle (ETSALS). Se detallan los procesos, estrategias y problemáticas que se han llevado a cabo en el desarrollo del proyecto de implantación durante 3 años consecutivos (2018-2021), los cuales afectan al plan de estudios completo.

Sobre el caso de estudio de la ETSALS, se ha realizado un enfoque mixto centrado en el usuario dividido en diversas fases: un primer análisis cuantitativo mediante encuestas a estudiantes durante los tres años con un proceso lineal en el tiempo, para evaluar el proceso de aprendizaje de los alumnos en las asignaturas que imparten BIM para continuar con la mejora del desarrollo del proyecto y evaluar la evolución del alumnado en distintos cursos. Por otro lado, y con el fin de conseguir que BIM se aplique de forma transversal, se analizaron las dificultades de las asignaturas que no imparten exclusivamente BIM pero que deben aplicar procesos o flujos de trabajo BIM en sus contenidos. Para ello, se realizó un segundo análisis cuantitativo durante los primeros tres años de la investigación mediante encuestas al profesorado. La investigación culmina con un análisis cualitativo, realizado mediante entrevistas semiestructuradas a alumnos, profesores y profesionales no docentes con el fin de analizar la causa de las problemáticas encontradas y demostrar que dichas dificultades son comunes en muchas instituciones del ámbito universitario y, por tanto, también lo son las necesidades para poder integrar BIM de forma exitosa.

Los resultados obtenidos se dividen en dos apartados claramente diferenciados: la integración de tecnología en las asignaturas dedicadas a impartir herramientas y la integración de procesos y flujos de trabajo en las distintas áreas que componen el plan de estudios completo. Tal y como ocurre en otras investigaciones en este ámbito, la integración de tecnología en los planes de estudio se lleva a cabo con mayor o menor dificultad, pero obtiene resultados positivos en el aprendizaje y motivación del alumnado. Sin embargo, la dificultad recae en los procesos que deben llevarse a cabo de forma transversal, ya que el alumnado no utiliza estas tecnologías fuera del aula, el profesorado tiene dificultades a la hora de hacer un cambio de tal magnitud en sus asignaturas, etc. Además, para integrar una metodología transversal y multidisciplinar debe haber gran coordinación entre materias, lo cual, sin cambiar el plan de estudios no es posible. Algunas investigaciones han realizado propuestas propias de implementación en grados y conseguido incluir tecnología y procesos BIM en talleres transversales. Estas propuestas no han modificado el plan de estudios, sino que lo han integrado en el existente y habitualmente se han realizado de forma optativa. No se han encontrado datos de inclusión que abarquen el plan de estudios completo de forma obligatoria y consistente, (sí se han encontrado de forma teórica pero no de forma práctica).

Como se verá a lo largo de la investigación, tras la revisión sistemática se da respuesta a algunas de las preguntas de investigación y, tras el marco empírico, se da respuesta a las demás, reafirmando y matizando investigaciones previas, y analizando en profundidad las dificultades que conlleva dicho cambio. El análisis se realiza desde una perspectiva diferencial, centrada en la experiencia de los usuarios en función de su perfil. Las instituciones coinciden en que necesitan una base que regule el cambio, y algunas de ellas están trabajando en trazar una guía que pueda servir a las distintas instituciones. Sin embargo, aún hay poca investigación sobre BIM en el entorno educativo y de esta forma es dificultoso que las universidades colaboren y encuentren soluciones comunes. Por otra parte, el cambio se está realizando desde abajo en la pirámide, habitualmente desde área de expresión gráfica pero no tienen suficiente autoridad para llevarlo a cabo, debe venir de las normas educativas, son las direcciones universitarias las que deben promover el cambio.

Esta investigación recopila las dificultades comunes que tienen las universidades y demuestra que las dificultades encontradas en el caso concreto de la URL coinciden con las que otros investigadores y coordinadores BIM mencionan en sus investigaciones. El punto diferencial de la investigación pretende ser el análisis profundo y exhaustivo de dichas dificultades de forma sistemática y científica, desde distintos puntos de vista para detectar puntos en común entre opiniones de coordinadores BIM, profesores, alumnos y CEOs de empresas que trabajan en metodología BIM y dotar de un punto de partida efectivo y eficiente para futuros planes de integración BIM a nivel formativo. Y finalmente, demostrar, que es posible y exitoso integrar tecnología BM desde las asignaturas y sin modificar los planes de estudio, pero no es viable, ni posible, integrar metodología BIM sin modificar la estructura interna actual de los planes de estudio.

Las limitaciones de esta investigación son estudios que tengan como objeto descubrir respuestas similares a las de esta tesis y que hayan podido ser publicados durante el desarrollo de esta y la pronta obsolescencia que podría tener por el rápido avance tecnológico. Es necesario seguir investigando en el campo de metodología BIM aplicada al ámbito educativo ya que, incluso estando en crecimiento, aún hay un mundo por descubrir y muchas preguntas que responder. Las líneas futuras de esta investigación están centradas en investigar aquellas instituciones que están creando bases reguladoras, descubrir si los

sistemas educativos prevén incluirlas y continuar con propuestas y mejoras en el caso concreto de la ETSALS, tras los tres cursos consecutivos analizados en el presente documento.

L'arribada de Building Information Modeling (BIM) al món laboral comporta la necessitat de la integració d'aquesta metodologia als plans d'estudi de les universitats per formar als futurs professionals.

La integració de BIM, tant a nivell empresarial com a nivell universitari, suposa un canvi tecnològic, però també metodològic pel que fa a la gestió de processos i fluxos de treball multidisciplinaris. Les empreses que decideixen realitzar una implementació d'aquest tipus i aconseguen fer-ho amb èxit són aquelles que realitzen ambdós canvis simultàniament. Les universitats espanyoles fa uns anys que ofereixen màsters de gestió BIM, en els quals imparteixen tecnologia i processos, és a dir, la metodologia completa. Tot i això, quan ha arribat el moment d'integrar-lo en graus s'han centrat únicament en la tecnologia, deixant de banda els processos i fluxos de treball que completen la metodologia BIM. Aquesta problemàtica parteix de la impossibilitat de canviar els plans d'estudis de forma àgil per integrar aquesta metodologia, cosa que porta a integrar BIM únicament en assignatures que imparteixen programari i no aconseguen que BIM sigui transversal entre matèries, com sí que passa al món laboral.

Al treball presentat s'estudia la docència de crèdits BIM de totes les universitats espanyoles que imparteixen graus d'arquitectura i arquitectura tècnica i edificació, per analitzar necessitats i problemàtiques comunes. Les problemàtiques trobades porten a fer un estudi de la situació mundial, a un nivell més ampli i global, per comprovar si hi ha bases regulades que les universitats puguin utilitzar. A més, es realitza un disseny específic d'implementació BIM per al cas concret de la Universitat Ramon Llull (URL), als graus d'Arquitectura i Arquitectura Tècnica i Edificació de l'Escola Tècnica-Superior d'Arquitectura La Salle (ETSALS). Es detallen els processos, les estratègies i les problemàtiques que s'han dut a terme en el seu desenvolupament durant 3 anys consecutius (2018-2021), els quals afecten el pla d'estudis complet.

Sobre el cas d'estudi de la ETSALS, s'ha realitzat un enfocament mixt centrat en l'usuari dividit en diverses fases: un primer anàlisi quantitatiu mitjançant enquestes a estudiants

durant els tres anys amb un procés lineal en el temps, per avaluar el procés d'aprenentatge dels alumnes a les assignatures que imparteixen BIM per continuar amb la millora del desenvolupament del projecte i avaluar l'evolució de l'alumnat en diferents cursos. De l'altra, per tal que BIM s'apliqui de forma transversal, s'analitzen les dificultats de les assignatures que no imparteixen exclusivament BIM però que han d'aplicar processos o fluxos de treball BIM als seus continguts. Per això, es realitza un segon anàlisi quantitatiu durant els primers tres anys de la investigació mitjançant enquestes al professorat. La investigació culmina amb un anàlisi qualitatiu, realitzat mitjançant entrevistes semiestructurades a alumnes, professors i professionals no docents per tal d'analitzar la causa de les problemàtiques trobades i demostrar que aquestes dificultats són comunes a moltes institucions de l'àmbit universitari i, per tant, també ho són les necessitats per poder integrar BIM amb èxit.

Els resultats obtinguts es divideixen en dos apartats clarament diferenciats, la integració de tecnologia a les assignatures dedicades a impartir eines i la integració de processos i fluxos de treball a les diferents àrees que componen el pla d'estudis complet. Tal com passa en altres investigacions en aquest àmbit, la integració de tecnologia en els plans d'estudi es duu a terme amb més o menys dificultat, però obté resultats positius en l'aprenentatge i la motivació de l'alumnat. Tanmateix, la dificultat recau en els processos que cal dur a terme de manera transversal. Ja que l'alumnat no utilitza aquestes tecnologies fora de l'aula, el professorat té dificultats a l'hora de fer un canvi de tal magnitud a les assignatures, etc. A més, per integrar una metodologia transversal i multidisciplinària hi ha d'haver una gran coordinació entre matèries, cosa que, sense canviar el pla d'estudis, no és possible. Algunes investigacions han realitzat propostes pròpies d'implementació en graus i han aconseguit incloure tecnologia i processos BIM a tallers transversals. Aquestes propostes no han modificat el pla d'estudis, sinó que l'han integrat en l'existent i habitualment s'han realitzat de forma optativa. No s'han trobat dades d'inclusió que abastin el pla d'estudis complet de forma obligatòria i consistent (s'han trobat de forma teòrica però no de forma pràctica).

Com es veurà al llarg de la investigació, després de la revisió sistemàtica es dona resposta a algunes preguntes de recerca i, després del marc empíric es dona resposta a les altres, reafirmant i matisant investigacions prèvies i analitzant en profunditat les dificultats que comporta aquest canvi. L'anàlisi es fa des d'una perspectiva diferencial, centrada en

l'experiència dels usuaris en funció del perfil. Les institucions coincideixen que necessiten una base que reguli el canvi, i algunes estan treballant a traçar una guia que pugui servir les diferents institucions. No obstant això, encara hi ha poca investigació sobre BIM a l'entorn educatiu i d'aquesta manera és difícil que les universitats col·laborin i trobin solucions comunes. D'altra banda, el canvi s'està fent des de baix a la piràmide, habitualment des de l'àrea d'expressió gràfica però no tenen prou autoritat per dur-ho a terme, ha de venir de les normes educatives, són les direccions universitàries les que han de promoure el canvi.

Aquesta investigació recopila les dificultats comunes que tenen les universitats i demostra que les dificultats trobades en el cas concret de la URL coincideixen amb les que altres investigadors i coordinadors BIM esmenten a les seves investigacions. El punt diferencial de la recerca pretén ser l'anàlisi profunda i exhaustiva de les dites dificultats de forma sistemàtica i científica, des de diferents punts de vista per detectar punts en comú entre opinions de coordinadors BIM, professors, alumnes i CEO d'empreses que treballen en metodologia BIM i dotar d'un punt de partida efectiu i eficient per a futurs plans d'integració BIM a nivell formatiu. I finalment, demostrant, que és possible i exitós integrar tecnologia BM des de les assignatures i sense modificar els plans d'estudi, però no és viable, ni possible, integrar metodologia BIM sense modificar l'estructura interna actual dels plans d'estudi.

Les limitacions d'aquesta investigació són estudis que tinguin com a objecte descobrir respostes similars a les d'aquesta tesi i que s'hagin pogut publicar durant el desenvolupament de la mateixa i la ràpida obsolescència que podria tenir pel ràpid avanç tecnològic. Cal continuar investigant en el camp de metodologia BIM aplicada a l'àmbit educatiu ja que, tot i estar en creixement, encara hi ha un món per descobrir i moltes preguntes per respondre. Les línies futures d'aquesta recerca estan centrades a investigar les institucions que creen bases reguladores, descobrir si els sistemes educatius preveuen incloure-les i continuar amb propostes i millores en el cas concret de l'ETSALS, després dels tres cursos consecutius analitzats al present document.

ABSTRACT

The arrival of Building Information Modeling (BIM) to the working world entails the need for the integration of this methodology in the curricula of universities to train future professionals.

The integration of BIM, both in the business and in the university environment, implies a technological change, but also a methodological change in terms of the management of multidisciplinary processes and workflows. The companies that decide to carry out an implementation of this type and manage to do it successfully are those that carry out both changes simultaneously. Spanish universities have been offering BIM management masters for some years now, in which they teach technology and processes, i.e. the complete methodology. However, when the time has come to integrate it into degrees, they have focused only on technology, leaving aside the processes and workflows that complete the BIM methodology. This problem stems from the impossibility of changing the curricula in an agile way to integrate this methodology, which leads to integrate BIM only in subjects that teach software and do not make BIM transversal between subjects, as it happens in the working world.

In the work presented, the teaching of BIM credits in all Spanish universities that offer Architecture and Technical Architecture and Building degrees, in order to analyze common needs and problems. The problems encountered lead to a study of the world situation, at a broader and global level, to check if there are regulated bases that universities can use. A specific BIM implementation design is also carried out for the specific case of the Ramon Llull University (URL), in the degrees of Architecture and Technical Architecture and Building of the Escuela Técnica-Superior de Arquitectura La Salle (ETSALS). It details the processes, strategies and issues that have been carried out in the development of the same for 3 consecutive years (2018-2021), which affect the entire curriculum.

On the case study of ETSALS, a mixed user-centered approach has been carried out in several phases: a first quantitative analysis by means of student surveys during the three years with a linear process over time, to evaluate the learning process of students in the

subjects that teach BIM to continue with the improvement of the project development and evaluate the evolution of the student body in different courses. On the other hand, in order to ensure that BIM is applied transversally, the difficulties of the subjects that do not exclusively teach BIM but that must apply BIM processes or workflows in their contents are analyzed. For this purpose, a second quantitative analysis is carried out during the first three years of the research by means of surveys to the teaching staff. The research culminates with a qualitative analysis, carried out through semi-structured interviews with students, professors and non-teaching professionals in order to analyze the cause of the problems encountered and demonstrate that these difficulties are common in many university institutions and, therefore, so are the needs to successfully integrate BIM.

The results obtained are divided into two clearly differentiated sections: the integration of technology in the subjects dedicated to teaching tools and the integration of processes and workflows in the different areas that make up the entire curriculum. As in other research in this field, the integration of technology in the curricula is carried out with greater or lesser difficulty, but obtains positive results in student learning and motivation. However, the difficulty lies in the processes that must be carried out in a transversal way, since students do not use these technologies outside the classroom, teachers have difficulties in making a change of such magnitude in their subjects, etc. Furthermore, in order to integrate a transversal and multidisciplinary methodology, there must be great coordination between subjects, which is not possible without changing the curriculum. Some researchers have made their own proposals for implementation in degrees and managed to include BIM technology and processes in transversal workshops. These proposals have not modified the curriculum, but have been integrated into the existing one and have usually been done on an optional basis. No inclusion data have been found that cover the entire curriculum in a mandatory and consistent way (they have been found in a theoretical way but not in a practical way).

As will be seen throughout the research, after the systematic review, some of the research questions are answered and, after the empirical framework, the others are answered, reaffirming and qualifying previous research, and analyzing in depth the difficulties involved in such a change. The analysis is carried out from a differential

perspective, focusing on the users' experience according to their profile. The institutions agree that they need a basis to regulate the change, and some of them are working on drawing up a guide that can be used by the different institutions. However, there is still little research on BIM in the educational environment, making it difficult for universities to collaborate and find common solutions. On the other hand, the change is being made from the bottom of the pyramid, usually from the graphic expression area but they do not have enough authority to carry it out, it must come from the educational standards, it is the university management that must promote the change.

This research compiles the common difficulties that universities have and shows that the difficulties found in the specific case of the URL coincide with those mentioned by other researchers and BIM coordinators in their research. The differential point of the research aims to be the deep and exhaustive analysis of these difficulties in a systematic and scientific way, from different points of view to detect common points between opinions of BIM coordinators, teachers, students and CEOs of companies working in BIM methodology and to provide an effective and efficient starting point for future BIM integration plans at training level. And finally, to demonstrate that it is possible and successful to integrate BM technology from the subjects and without modifying the curricula, but it is not feasible, nor possible, to integrate BIM methodology without modifying the current internal structure of the curricula.

The limitations of this research are studies that aim to discover answers similar to those of this thesis and that could have been published during the development of this thesis and the early obsolescence that it could have due to the rapid technological advancement. It is necessary to continue researching in the field of BIM methodology applied to the educational field since, even though it is growing, there is still a world to discover and many questions to answer. The future lines of this research are focused on investigating those institutions that are creating regulatory bases, discovering if the educational systems plan to include them and continuing with proposals and improvements in the specific case of ETSALS, after the three consecutive courses analyzed in this paper.

AGRADECIMIENTOS

A todos aquellos que han aportado sin saberlo.

A las personas de La Salle Campus Barcelona de la Universidad Ramon Llull que han hecho posible la redacción de esta tesis.

A alumnos, docentes, profesionales y expertos que han dedicado su tiempo para ayudarme a encontrar respuestas.

A Miguel Ángel Pérez por adentrarnos juntos en el mundo de la investigación.

A mi codirector de tesis, Albert Sánchez, por el rigor con el que me ha guiado en esta tesis.

A mi director de tesis, David Fonseca, por devolverme al camino cada vez que me desvíó y por haber sido, entre muchas otras cosas, el motor de esta tesis.

A Isidro Navarro, por apoyarme, por confiar en mí. Porque sin él mi camino habría sido otro y no existiría esta tesis.

A mi familia, por todo lo que no puedo expresar con palabras.

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN..... | 37 |
| 1.1 | MOTIVACIÓN Y MARCO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 39 |
| 1.2 | OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN..... | 43 |
| 1.2.1 | Objetivos Principales | 43 |
| 1.2.2 | Preguntas de investigación..... | 44 |
| 1.2.3 | Metodología | 45 |
| 1.2.3.1 | Métodos mixtos y Experiencia de usuario..... | 47 |
| 1.2.3.2 | Instrumentos y grupos de estudio | 48 |
| 1.3 | ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO | 51 |
| 2 | MARCO TEÓRICO | 53 |
| 2.1 | BUILDING INFORMATION MODELING..... | 55 |
| 2.1.1 | ¿Qué es BIM?..... | 55 |
| 2.1.1.1 | La B en BIM..... | 56 |
| 2.1.1.2 | Por qué utilizar BIM | 57 |
| 2.1.1.3 | La I en BIM..... | 59 |
| 2.1.1.4 | Del lápiz al CAD, del CAD al BIM | 62 |
| 2.1.1.5 | Qué es un modelo BIM | 64 |
| 2.1.1.6 | La M en BIM | 67 |
| 2.1.1.7 | Tecnología VS Metodología | 68 |
| 2.1.2 | Inicio y evolución del BIM | 69 |
| 2.1.2.1 | La aparición de los primeros softwares..... | 69 |
| 2.1.2.2 | Antecedentes mundiales y europeos | 70 |
| 2.1.2.3 | Incorporación en las empresas españolas..... | 71 |
| 2.1.3 | Repercusiones y procedimientos | 73 |
| 2.1.3.1 | Protocolos BIM | 73 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 2.1.3.2 | <i>Interoperabilidad y Estándares BIM</i> | 78 |
| 2.1.3.3 | <i>Softwares y Open BIM</i> | 80 |
| 2.1.3.4 | <i>Madurez BIM</i> | 82 |
| 2.1.3.5 | <i>Roles BIM, BIM Project Manager</i> | 84 |
| 2.1.3.6 | <i>Qué implica una implementación BIM</i> | 86 |
| 2.1.3.7 | <i>Complicaciones de implantación en España</i> | 88 |
| 2.2 | PLAN DE ESTUDIOS | 91 |
| 2.2.1 | Estudios de Arquitectura y Arquitectura Técnica/ Edificación | 91 |
| 2.2.1.1 | <i>La Llegada de Bolonia</i> | 91 |
| 2.2.2 | Estudios de Arquitectura y Arq. Técnica/Edificación ETSALS..... | 93 |
| 2.2.2.1 | <i>Áreas de conocimiento</i> | 93 |
| 2.2.2.2 | <i>Planes de estudio</i> | 94 |
| 2.2.3 | Afectaciones a los planes de estudio en curso de la ETSALS | 98 |
| 2.2.3.1 | <i>Nuevo modelo de escuela</i> | 98 |
| 2.2.3.2 | <i>NCA</i> | 99 |
| 2.2.3.3 | <i>Centro ATC</i> | 100 |
| 2.2.3.4 | <i>BIM</i> | 100 |
| 2.3 | MÉTODOS DE APRENDIZAJE | 103 |
| 2.3.1 | Métodos de aprendizaje en la universidad | 103 |
| 2.3.2 | La Llegada del BIM a la formación universitaria | 104 |
| 2.3.2.1 | <i>Antecedentes mundiales y europeos</i> | 105 |
| 2.3.2.2 | <i>Tecnología BIM en grados AEC</i> | 105 |
| 2.3.2.3 | <i>Tecnología y metodología BIM en másteres</i> | 106 |
| 2.3.2.4 | <i>La necesidad de incluir metodología BIM en grados</i> | 107 |
| 2.3.3 | BIM como método de aprendizaje | 109 |
| 2.3.4 | Estrategias de implantación para grados..... | 111 |
| 2.3.4.1 | <i>Estudios previos. Protocolos de implantación en España</i> | 112 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 2.3.4.2 | <i>La actualidad del BIM en los grados de las universidades españolas..</i> | 115 |
| 2.3.4.3 | <i>Visualización y clasificación inicial de la literatura científica sobre implementación académica BIM.....</i> | 119 |
| 2.4 | REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA..... | 125 |
| 2.4.1 | Revisión y mapeo sistemáticos..... | 125 |
| 2.4.1.1 | <i>Marco de la Revisión.....</i> | 125 |
| 2.4.1.2 | <i>Planificación del mapeo</i> | 129 |
| 2.4.1.3 | <i>Cadena de búsqueda.....</i> | 130 |
| 2.4.1.4 | <i>Criterios de inclusión y exclusión.....</i> | 132 |
| 2.4.1.5 | <i>Selección de literatura</i> | 133 |
| 2.4.2 | Resultados del mapeo sistemático..... | 136 |
| 2.4.2.1 | <i>Tipo de intervención</i> | 136 |
| 2.4.2.2 | <i>Métodos de evaluación.....</i> | 138 |
| 2.4.2.3 | <i>Contenido de estudio: Objetivos, método desarrollado y resultados obtenidos.....</i> | 139 |
| 2.4.3 | Resultados de la revisión sistemática..... | 146 |
| 2.4.3.1 | <i>Desafíos, ventajas y desventajas de la implementación BIM en planes de estudio AEC</i> | 147 |
| 2.4.3.2 | <i>Procesos y estrategias de implementación BIM en grados AEC</i> | 149 |
| 2.4.3.3 | <i>Métodos de evaluación.....</i> | 150 |
| 2.4.3.4 | <i>Relación entre la industria y la educación BIM</i> | 151 |
| 2.4.3.5 | <i>La necesidad de un plan de implementación común entre instituciones</i> | 152 |
| 2.4.4 | Amenazas a la validez de la revisión de literatura | 153 |
| 3 | MARCO EMPÍRICO | 155 |
| 3.1 | DISEÑO MODELO ESPECÍFICO | 157 |
| 3.1.1 | Antecedentes..... | 157 |
| 3.1.1.1 | <i>Asignaturas de herramientas.....</i> | 158 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 3.1.1.2 | Cursos externos | 159 |
| 3.1.1.3 | MBIMM | 160 |
| 3.1.2 | Primer diseño general | 162 |
| 3.1.2.1 | Objetivos..... | 163 |
| 3.1.2.2 | Líneas de acción | 164 |
| 3.1.2.3 | Mapa general de implementación..... | 167 |
| 3.1.2.4 | Itinerarios alumnado..... | 173 |
| 3.1.3 | 2018-2019..... | 175 |
| 3.1.3.1 | General e investigación..... | 177 |
| 3.1.3.2 | Asignaturas BIM | 177 |
| 3.1.3.3 | BIM como soporte al aprendizaje | 179 |
| 3.1.3.4 | Formación al profesorado | 180 |
| 3.1.4 | 2019-2020 | 181 |
| 3.1.4.1 | General e investigación | 183 |
| 3.1.4.2 | Asignaturas BIM | 183 |
| 3.1.4.3 | BIM como soporte al aprendizaje | 193 |
| 3.1.4.4 | Formación al profesorado | 195 |
| 3.1.5 | 2020-2021..... | 196 |
| 3.1.5.1 | General e investigación..... | 198 |
| 3.1.5.2 | Asignaturas BIM | 198 |
| 3.1.5.3 | BIM como soporte al aprendizaje | 199 |
| 3.1.5.4 | Formación a profesorado | 200 |
| 3.1.6 | Curso en proceso, próximos pasos..... | 200 |
| 3.1.6.1 | General e investigación | 203 |
| 3.1.6.2 | Asignaturas BIM..... | 203 |
| 3.1.6.3 | BIM como soporte al aprendizaje | 203 |
| 3.1.6.4 | Formación a profesorado | 204 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 3.2 | ANÁLISIS PERFIL ESTUDIANTE | 205 |
| 3.2.1 | Encuestas de formato lineal..... | 205 |
| 3.2.2 | Entrevistas | 212 |
| 3.3 | ANÁLISIS PERFIL DOCENTE | 217 |
| 3.3.1 | Encuesta previa..... | 217 |
| 3.3.2 | Encuesta 2018-2019..... | 219 |
| 3.3.3 | Encuesta final..... | 224 |
| 3.3.4 | Entrevistas | 232 |
| 3.4 | ANÁLISIS PERFIL PROFESIONAL NO DOCENTE | 241 |
| 3.4.1 | Entrevistas | 241 |
| 3.5 | DISCUSIÓN..... | 249 |
| 3.5.1 | Impartición de tecnología BIM | 250 |
| 3.5.2 | Aplicación de metodología BIM en distintas áreas..... | 253 |
| 3.5.3 | Desafíos y propuestas de mejora | 257 |
| 4 | CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS..... | 261 |
| 4.1 | CONCLUSIONES..... | 263 |
| 4.1.1 | Objetivo 1 | 263 |
| 4.1.2 | Objetivo 2 | 265 |
| 4.1.2.1 | Objetivo Específico 2.1 | 266 |
| 4.1.2.2 | Objetivo Específico 2.2 | 266 |
| 4.1.2.3 | Objetivo Específico 2.3 | 266 |
| 4.1.3 | Preguntas de investigación..... | 267 |
| 4.1.3.1 | <i>P.1: ¿Qué procesos o estrategias se están llevando a cabo para implementar BIM en los planes de estudio AEC del mundo?</i> | <i>267</i> |
| 4.1.3.2 | <i>P.2: ¿Cómo se está analizando la viabilidad de dichas estrategias? ..</i> | <i>268</i> |
| 4.1.3.3 | <i>P.3: ¿Existe o se está investigando en una guía de implementación BIM académica que sirva como referencia para los centros educativos? ..</i> | <i>269</i> |

| | | |
|------------|---|------------|
| 4.1.3.4 | <i>P.4: ¿La implementación en primeros cursos favorece al aprendizaje del alumno?</i> | <i>270</i> |
| 4.1.3.5 | <i>P.5: ¿Es posible integrar metodología BIM sin modificar la estructura de los planes de estudio actuales?</i> | <i>272</i> |
| 4.1.3.6 | <i>P.6: ¿Los distintos actores/perfiles de usuario comprenden la diferencia de integración de tecnología y metodología?</i> | <i>273</i> |
| 4.1.3.7 | <i>P.7: ¿Es necesario un cambio generacional para integrar por completo la metodología BIM en los planes de estudio?</i> | <i>274</i> |
| 4.1.3.8 | <i>P.8: ¿Ayudaría a la implementación integrar trabajo colaborativo BIM durante los estudios de grado?</i> | <i>274</i> |
| 4.1.3.9 | <i>P.9: ¿Es suficiente ofrecer formación en asignaturas de herramientas informáticas?</i> | <i>275</i> |
| 4.1.3.10 | <i>P.10: ¿Es necesario que las asignaturas de las distintas áreas impartan, además del contenido de la asignatura, el conocimiento de las herramientas específicas relacionadas con la materia?</i> | <i>276</i> |
| 4.1.3.11 | <i>P.11: ¿Quiénes deben ser los actores involucrados en una implementación BIM académica y cuál es su grado de implicación?</i> | <i>277</i> |
| 4.2 | LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN | 279 |
| 4.3 | PUBLICACIONES A LO LARGO DE LA ELABORACIÓN DE LA TESIS | 281 |
| 4.3.1 | Congresos | 281 |
| 4.3.2 | Revistas | 282 |

LISTADO DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|-----|
| Figura 1. | Planteamiento metodológico. Fuente: elaboración propia | 45 |
| Figura 2. | Ciclo de vida BIM. Fuente: hildebrandt.cl..... | 57 |
| Figura 3. | Curva MacLeamy. Workflow y costes del cambio de diseño. Fuente: European BIM Summit 2018 | 58 |
| Figura 4. | Patrick MacLeamy. BIM BAM BOOM! Fuente: BIM summit 2019 | 59 |
| Figura 5. | Las dimensiones BIM. Fuente: salvamoret.com | 60 |
| Figura 6. | Formato CAD, Formato BIM. Fuente: elaboración propia..... | 63 |
| Figura 7. | Level of Development. Fuente: Nivel de Desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España | 65 |
| Figura 8. | Level of Development (000- 300). Fuente: Nivel de Desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España..... | 65 |
| Figura 9. | Building Information Model, Modeling, Management. Fuente: elaboración propia | 67 |
| Figura 10. | BIM Adoption. Fuente: idesie.com | 71 |
| Figura 11. | Usos BIM. Fuente: editeca.com | 74 |
| Figura 12. | Flujos de entregables BIM. Fuente: ingenieriyconstruccion929..... | 77 |
| Figura 13. | Esquema especificaciones Libro de Estilo. Fuente: elaboración propia.. | 78 |
| Figura 14. | Mapa software BIM. Fuente: esdima.com | 80 |
| Figura 15. | Madurez BIM. Fuente: bimenmexico.blogspot.com..... | 83 |
| Figura 16. | Perfiles de competencias BIM. Fuente: elaboración propia | 85 |
| Figura 17. | Planes de estudio ETSALS. Fuente: elaboración propia | 94 |
| Figura 18. | Plan de estudios 2018 GAE/GEA ETSALS. Fuente: ETSALS..... | 97 |
| Figura 19. | Conexiones ETSALS. Fuente: elaboración propia. | 101 |
| Figura 20. | Presente y futuro. Fuente: elaboración propia..... | 108 |
| Figura 21. | Relación del Proyecto de edificación BIM con el Proyecto de Implementación del Método BIM en las Escuelas de Arquitectura. Fuente: Congreso Internacional BIM (EUBIM) 2017. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universitat Politècnica de Valencia | 114 |
| Figura 22. | Eje y: créditos dedicados a BIM respecto a los 300 créditos totales de la titulación de Arquitectura en las universidades españolas. Fuente: elaboración propia..... | 116 |
| Figura 23. | Eje y créditos dedicados a BIM respecto a los 240 créditos totales de la titulación de Arquitectura Técnica y Edificación en las universidades españolas. Fuente: elaboración propia | 117 |
| Figura 24. | Créditos BIM según área de conocimiento. Fuente: elaboración propia | 119 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Figura 25. | Número de artículos publicados en revista por tipo de búsqueda (ISI Web of Knowledge). Fuente: elaboración propia | 120 |
| Figura 26. | Número de artículos publicados en revista por tipo de búsqueda (Scopus). Fuente: elaboración propia | 121 |
| Figura 27. | Número de artículos publicados en congreso/conferencia por tipo de búsqueda (Scopus). Fuente: elaboración propia | 121 |
| Figura 28. | Citas totales (ISI Web of Knowledge y Scopus). Fuente: elaboración propia | 122 |
| Figura 29. | Diagrama de flujo de proceso de selección. Fuente: elaboración propia | 133 |
| Figura 30. | Número de documentos publicados por año de publicación. Fuente: elaboración propia..... | 134 |
| Figura 31. | Primer esbozo estrategia implementación BIM ETSALS. Fuente: elaboración propia..... | 163 |
| Figura 32. | Curva Aprendizaje BIM. Fuente: elaboración propia..... | 165 |
| Figura 33. | Líneas de acción. Fuente: elaboración propia..... | 166 |
| Figura 34. | Interconexión líneas de acción. Fuente: elaboración propia | 166 |
| Figura 35. | Mapa general de implementación BIM ETSALS: Línea de acción 1. Fuente: elaboración propia..... | 169 |
| Figura 36. | Mapa general de implementación BIM ETSALS: Línea de acción 2. Fuente: elaboración propia..... | 171 |
| Figura 37. | Mapa general de implementación BIM ETSALS: Formación profesorado. Fuente: elaboración propia | 173 |
| Figura 38. | Itinerarios alumnado. Fuente: elaboración propia | 174 |
| Figura 39. | Escenario 1 itinerarios. Fuente: elaboración propia..... | 174 |
| Figura 40. | Escenario 2 itinerarios. Fuente: elaboración propia | 175 |
| Figura 41. | Diagrama resumen acciones 2018-2019. Fuente: elaboración propia..... | 176 |
| Figura 42. | Acciones generales e investigación 2019-2020 BIM ETSALS. Fuente: Elaboración propia..... | 182 |
| Figura 43. | Sesiones EIII. Fuente: elaboración propia | 184 |
| Figura 44. | Ejercicio EII (2018-2019), planta de distribución..... | 185 |
| Figura 45. | Ejercicio EII (2018-2019), alzados..... | 186 |
| Figura 46. | Ejercicio EII (2018-2019), panel final..... | 187 |
| Figura 47. | Ejercicio EIII (2019-2020), falsos techos..... | 188 |
| Figura 48. | Ejercicio EIII (2019-2020), planta distribución. | 188 |
| Figura 49. | Ejercicio EIII (2019-2020), detalle de fachada..... | 189 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Figura 50. | Ejercicio EIII (2019-2020), leyenda de carpinterías..... | 189 |
| Figura 51. | Ejercicio EIII (2019-2020), introducción a MEP. | 190 |
| Figura 52. | Apuntes EIII (2019-2020), filtros..... | 191 |
| Figura 53. | Apuntes EIII (2019-2020), trabajo colaborativo..... | 191 |
| Figura 54. | Plantilla ETSALS (modelo). Fuente: elaboración propia..... | 194 |
| Figura 55. | Plantilla ETSALS (planos). Fuente: elaboración propia..... | 194 |
| Figura 56. | Libro de estilo ETSALS. Fuente: elaboración propia | 195 |
| Figura 57. | Acciones generales e investigación 2020-2021 BIM ETSALS. Fuente: Elaboración propia..... | 197 |
| Figura 58. | Acciones generales e investigación 2021-2022 BIM ETSALS. Fuente: Elaboración propia..... | 202 |
| Figura 59. | Encuesta alumnado. Fuente: elaboración propia | 207 |
| Figura 60. | Formación recibida. Fuente: Elaboración propia | 208 |
| Figura 61. | Nivel de conocimiento. Fuente: elaboración propia..... | 209 |
| Figura 62. | Conozco la diferencia entre los sistemas CAD y la metodología BIM (EII). Fuente: elaboración propia | 210 |
| Figura 63. | Conozco la diferencia entre los sistemas CAD y la metodología BIM (EIII). Fuente: elaboración propia | 210 |
| Figura 64. | Áreas de conocimiento, aplicación BIM. Fuente: elaboración propia | 212 |
| Figura 65. | ¿En qué ámbito utilizas BIM? Fuente: elaboración propia..... | 218 |
| Figura 66. | Encuesta profesorado. Fuente: elaboración propia | 220 |
| Figura 67. | Nivel de conocimiento profesorado. Fuente: elaboración propia..... | 221 |
| Figura 68. | Valora la cantidad de información que contiene un modelo BIM. Fuente: elaboración propia..... | 222 |
| Figura 69. | Creo que debe aplicarse BIM en la asignatura que imparto. Fuente: elaboración propia..... | 223 |
| Figura 70. | Primer curso de proyectos donde creo que debería aplicarse BIM. Fuente: elaboración propia..... | 223 |
| Figura 71. | Encuesta final profesorado. Fuente: elaboración propia | 225 |
| Figura 72. | ¿Qué software utilizas/utilizan tus alumnos habitualmente en tu asignatura? Fuente: elaboración propia | 227 |
| Figura 73. | ¿Qué software utilizas habitualmente a nivel profesional? Fuente: elaboración propia..... | 227 |
| Figura 74. | En caso negativo, ¿por qué razón? Fuente: elaboración propia..... | 228 |
| Figura 75. | ¿Qué podría ayudarte a integrar BIM en tu asignatura? | 231 |

LISTADO DE TABLAS

| | | |
|-----------|---|-----|
| Tabla 1. | Software de modelado. Fuente: elaboración propia..... | 80 |
| Tabla 2. | Software otros usos. Fuente: elaboración propia | 81 |
| Tabla 3. | Centros universitarios españoles con oferta académica de grados en arquitectura y/o arquitectura técnica y edificación. Fuente: elaboración propia | 115 |
| Tabla 4. | Términos y campos de búsqueda. Fuente: elaboración propia | 131 |
| Tabla 5. | Afiliación del investigador y revista/conferencia de publicación. Fuente: elaboración propia..... | 135 |
| Tabla 6. | Clasificación de artículos por Tipo de Intervención. Fuente: elaboración propia | 137 |
| Tabla 7. | Clasificación de artículos por Tipo de Evaluación. Fuente: elaboración propia | 138 |
| Tabla 8. | Clasificación de artículos seleccionados por Método y Resultados. Fuente: elaboración propia..... | 140 |
| Tabla 9. | Asignaturas de herramientas. Fuente: elaboración propia | 158 |
| Tabla 10. | Sesiones EIII. Fuente: elaboración propia | 159 |
| Tabla 11. | Sesiones cursos externos. Fuente: elaboración propia..... | 159 |
| Tabla 12. | Asignaturas MBIMM. Fuente: elaboración propia..... | 160 |
| Tabla 13. | Sesiones detalladas MBIMM. Fuente: elaboración propia..... | 160 |
| Tabla 14. | Respuestas alumnado según cursos | 206 |
| Tabla 15. | Criterios de entrevista a perfil estudiante..... | 213 |
| Tabla 16. | Preguntas de entrevista a perfil estudiante..... | 213 |
| Tabla 17. | Respuesta a la entrevista a estudiante PE1. Describe lo mejor y lo peor sobre el aprendizaje BIM que has recibido por parte de las asignaturas que lo imparten..... | 213 |
| Tabla 18. | Respuesta a la entrevista a estudiante PE2. ¿Has aplicado BIM en el resto de asignaturas? ¿en qué asignaturas? ¿cómo? ¿por qué? | 213 |
| Tabla 19. | Respuesta a la entrevista a estudiante PE3. En las que no lo has aplicado, ¿por qué? ¿qué dificultades has encontrado?..... | 214 |
| Tabla 20. | Respuesta a la entrevista a estudiante PE4. Tras haber trabajado en modo colaborativo, ¿cuál es tu opinión sobre él?..... | 214 |
| Tabla 21. | Respuesta a la entrevista a estudiante PE5. ¿Tendría sentido aplicarlo en distintas asignaturas de grado? ¿en qué asignaturas? ¿por qué? | 215 |
| Tabla 22. | Respuesta a la entrevista a estudiante PE6. En cuanto a los conocimientos BIM adquiridos durante el grado, ¿consideras que saldrás preparado para enfrentarte al mundo laboral? | 215 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Tabla 23. | Respuesta a la entrevista a estudiante PE7. A nivel global, ¿qué mejorarías y/o pedirías a la escuela para mejorar la integración BIM en los grados?.... | 215 |
| Tabla 24. | Preguntas encuesta inicial. Fuente: elaboración propia..... | 217 |
| Tabla 25. | ¿Qué tipo de formación en aplicaciones crees que se debiera impartir y/o potenciar? Fuente: elaboración propia..... | 228 |
| Tabla 26. | En caso negativo, ¿por qué razón? Fuente: elaboración propia..... | 229 |
| Tabla 27. | Menciona otras acciones que podrían ayudarte a integrar BIM en tu asignatura. Fuente: elaboración propia..... | 232 |
| Tabla 28. | Criterios de entrevista a perfil docente | 233 |
| Tabla 29. | Preguntas de entrevista a perfil docente..... | 233 |
| Tabla 30. | Respuesta a la entrevista a docente PD1. ¿Crees que el alumno sale capacitado, en cuanto a BIM, de sus estudios de grado para enfrentarse al mundo laboral? | 233 |
| Tabla 31. | Respuesta a la entrevista a docente PD2. ¿Crees que es necesario integrar BIM durante los estudios de grado? ¿en qué curso? ¿en qué asignaturas? ¿cómo? ¿por qué? | 234 |
| Tabla 32. | Respuesta a la entrevista a docente PD3. ¿Consideras necesario que existan asignaturas dedicadas exclusivamente a impartir BIM? ¿en qué cursos? ¿por qué? | 235 |
| Tabla 33. | Respuesta a la entrevista a docente PD4. ¿Tiene sentido aplicar BIM en los ejercicios o entregas de proyectos, taller, urbanismo, instalaciones, mediciones... etc? ¿por qué?..... | 235 |
| Tabla 34. | Respuesta a la entrevista a docente PD5. ¿Crees que las asignaturas están interesadas en integrar BIM? ¿por qué?..... | 236 |
| Tabla 35. | Respuesta a la entrevista a docente PD6. ¿Crees que el profesorado de distintas asignaturas tiene suficientes conocimientos?..... | 236 |
| Tabla 36. | Respuesta a la entrevista a docente PD7. ¿Sabes qué es el trabajo colaborativo?..... | 237 |
| Tabla 37. | Respuesta a la entrevista a docente PD8. ¿Tendría sentido aplicarlo en distintas asignaturas de grado? ¿en qué asignaturas? ¿por qué? | 237 |
| Tabla 38. | Respuesta a la entrevista a docente PD9. Para realizar dicha implementación, ¿el profesorado de distintas asignaturas debe tener conocimientos BIM? | 237 |
| Tabla 39. | Respuesta a la entrevista a docente PD10. ¿Crees que las universidades tienen las mismas dificultades que las empresas para implantar BIM? ¿Por qué?..... | 238 |
| Tabla 40. | Respuesta a la entrevista a docente PD11. ¿Cuáles crees que son las dificultades para integrar BIM en el plan de estudios? | 238 |

| | |
|-----------|--|
| Tabla 41. | Respuesta a la entrevista a docente PD12. ¿Consideras necesario modificar los planes de estudio para integrar BIM de forma transversal? ¿por qué? ..239 |
| Tabla 42. | Respuesta a la entrevista a docente PD13. ¿Qué harías para mejorar la integración BIM en las distintas asignaturas? 240 |
| Tabla 43. | Criterios de entrevista a perfil profesional..... 241 |
| Tabla 44. | Preguntas de entrevista a perfil profesional.....242 |
| Tabla 45. | Respuesta a la entrevista a profesional PP1. En tu profesión, ¿trabajas con metodología BIM? ¿por qué?242 |
| Tabla 46. | Respuesta a la entrevista a profesional PP2. ¿Cómo os formasteis, tú y tu equipo, para trabajar en esta metodología?242 |
| Tabla 47. | Respuesta a la entrevista a profesional PP3. Para que un arquitecto o arquitecto técnico se enfrente al mundo laboral ¿crees que es necesario integrar BIM durante los estudios de grado? ¿en qué curso/asignaturas? ¿por qué?.....243 |
| Tabla 48. | Respuesta a la entrevista a profesional PP4. ¿consideras necesario que existan asignaturas dedicadas exclusivamente a impartir BIM? ¿en qué cursos? ¿por qué? 244 |
| Tabla 49. | Respuesta a la entrevista a profesional PP5. ¿Tiene sentido aplicar BIM en los ejercicios o entregas de proyectos, urbanismo, instalaciones, mediciones... etc.? ¿por qué?..... 244 |
| Tabla 50. | Respuesta a la entrevista a profesional PP6. ¿Consideras necesario que el profesorado de distintas asignaturas (proyectos, urbanismo, instalaciones, mediciones... etc.) tenga conocimientos BIM? ¿por qué?245 |
| Tabla 51. | Respuesta a la entrevista a profesional PP7. ¿Cuál es tu opinión sobre el trabajo colaborativo?.....245 |
| Tabla 52. | Respuesta a la entrevista a profesional PP8. ¿Tendría sentido aplicarlo en distintas asignaturas de grado? ¿en cuáles? ¿por qué? 246 |
| Tabla 53. | Respuesta a la entrevista a profesional PP9. ¿Crees que las universidades tienen las mismas dificultades que las empresas para implantar BIM? ¿por qué?..... 246 |
| Tabla 54. | Respuesta a la entrevista a profesional PP10. ¿A qué asignaturas o materias crees que afecta una implementación BIM en grados? ¿por qué?247 |
| Tabla 55. | Respuesta a la entrevista a profesional PP11. ¿Consideras necesario modificar los planes de estudio para integrar BIM de forma transversal a las distintas materias/asignaturas? ¿por qué?247 |

ACRÓNIMOS

ADR&M: Arquitectura, Diseño, Representación y Modelado

AEC: Architecture, Engineering and Construction/Arquitectura, Ingeniería y Construcción

AIA: American Institute of Architects/Instituto Americano de Arquitectos

ANECA: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación

ARLEP: Agrupación Regional Lasaliana de España y Portugal

AS: Arquitectura superior

AT: Arquitectura Técnica

ATC: Autodesk® Training Center/Centro de Formación Autodesk®

BAF: BIM Academic Forum

BAP: BIM Academic Plan

BAP: BIM Academic Plan/Plan Académico BIM

BBS Bulletin Board System/

BCA: Building and Construction Authority/Autoridad de Edificación y Construcción

BCF: BIM Collaboration Format

BDS: Building Description System

BEP/PEB: BIM Execution Plan/Plan de Ejecución BIM

BIM: Building Information Modeling/Modelado de la Información Constructiva

BM: BIM Manager/Gestor BIM/Director BIM

BPM: BIM Project Manager/Gestor de Proyectos BIM/Director de Proyectos BIM

BSI: British Standards Institution/Institución de Estándares Británico

BTG: Grupo de Trabajo BIM

CAATEEB: Colegio de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Barcelona

CAD: Computer Aided Design/Diseño Asistido por Ordenador

CCCB: Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona

CEO: Chief Executive Officer/Jefe Ejecutivo

COBie: Construction Operations Building Information Exchange

COBIM: Common BIM Requirements/Requerimientos Comunes BIM

CTE: Ciencias y Tecnologías de la Edificación

CTE: Código Técnico de la Edificación

EBS: European BIM Summit

ECTS: European Credit Transfer and Accumulation System/Sistema Europeo de Transferencia de Créditos

EEUU: Estados Unidos

-
- EGA: Expresión Gráfica Aplicada/Expresión Gráfica Arquitectónica
- EI: Herramientas Informáticas I (del catalán Eines Informàtiques I)
- EII: Herramientas Informáticas II (del catalán Eines Informàtiques II)
- EIII: Herramientas Informáticas III (del catalán Eines Informàtiques III)
- EPC: Escuela Politécnica de Cuenca
- ETSALS: Escuela Técnica-Superior de Arquitectura La Salle
- EUBIM: Encuentro de Usuarios BIM
- EUPPD: Directiva Europea sobre contratación pública de la Unión Europea
- FM: Facility Manager/Gestor de operación y mantenimiento
- GA: Grado en Arquitectura
- GAE: Grado en Arquitectura Técnica y Edificación
- GEA: Grado en Estudios de Arquitectura
- GRETEL: Group of Research on Technology Enhanced Learning/Grupo de Investigación en Aprendizaje Mejorado Tecnológicamente
- Gubimcat: Grupo de Usuarios BIM de Catalunya
- IAI: International Alliance of Interoperability/Alianza Internacional de Interoperabilidad
- IES: Instituciones de Educación Superior
- IFC: Industry Foundation Classes
-

LoD: Level of Detail/Nivel de Detalle

LOD: Level of Development/Nivel de Desarrollo

Lol: Level of Information/Nivel de Información

LoIN: Level of Information Needed/Nivel de Información Necesaria

LS: La Salle

MBIMM: Máster BIM Management

MECES: Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior

MEP: Mechanical, Electrical, Plumbing/Mecánica, Eléctrica, Fontanería

MH: Máster Habilitante

NCA: Nuevo Contexto de Aprendizaje

PBIMM: Postgrado en gestión BIM

PBL/APB: Project Based Learning/Aprendizaje Basado en Proyectos

PDF: Portable Document Format/Formato de Documento Portátil

PFC: Proyecto Final de Carrera

PFG: Proyecto Final de Grado

PiC: Pensamiento y Creatividad

PM: Project Manager/Gestor de proyectos/Director de Proyectos

PPBIM: Postgrado en producción BIM

RA: Realidad Aumentada

RAE: Real Academia Española

RM: Realidad Mixta

RV: Realidad Virtual

TEL: Technology Enhanced Learning/Aprendizaje Mejorado Tecnológicamente

TFC: Trabajo Final de Carrera

TFG: Trabajo Final de Grado

TIC: Tecnología de la Información y la Comunicación

UDC: Universidad de La Coruña

UE: Unión Europea

UEM: Universidad Europea de Madrid

UJI: Universidad Jaume I de Castellón

UPC: Universidad Politécnica de Cataluña

UPV/EHU: Universidad del País Vasco

UPV: Universidad Politécnica de Valencia

URL: Universidad Ramon Llull

US: Universidad de Sevilla

UX: User Experience/Experiencia de Usuario

1 INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN Y MARCO DE LA INVESTIGACIÓN

Como se detallará en los próximos apartados, la metodología BIM se basa en llevar a cabo una maqueta virtual y a escala real, con toda la información que necesita el proyecto mediante distintas aplicaciones BIM. La utilización de dichas aplicaciones en los grados del ámbito de la arquitectura ha supuesto una creciente necesidad del aprendizaje de nuevas tecnologías, a su vez en continuo desarrollo y mejora. Este hecho, exige una revisión crítica de su implantación metodológica, ahondando en el modo de explotar sus distintas posibilidades para que los flujos de trabajo entre los distintos agentes involucrados sean eficientes.

Esta investigación no tiene por objeto explicar de forma extensa y profunda qué es BIM, ni demostrar la necesidad de implementar la metodología BIM en las universidades ya que existen muchos estudios previos (que iremos citando a lo largo de la investigación) que lo hacen de una forma precisa y contundente. Tampoco se va a centrar en demostrar que la inclusión de tecnología BIM en asignaturas concretas es beneficioso y motivador para los alumnos, igualmente ya demostrado, sino que nos centraremos en la discusión de las dificultades que tiene la universidad y, por ende, el profesorado, en la integración de procesos y flujos BIM durante los estudios de grado de forma transversal al plan de estudios completo, las cuales son mucho mayores que al integrar tecnología BIM en una materia aislada. Por este motivo, se van separando, a lo largo del documento, los conceptos tecnología y metodología.

Una implantación metodológica de cualquier tipo implica un cambio importante y es algo muy complejo de llevar a cabo. Cuando hablamos de implantación BIM en los planes de estudio existentes, puede decirse que es aún más complejo que en empresas o instituciones dedicadas al desarrollo de proyectos arquitectónicos. La razón es la estructura organizativa dentro del organigrama, existiendo estructuras mucho mayores y que responden a unas bases que marca, en el caso de España, el ministerio de educación a través de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), entre otros. Además, en el caso de las universidades, las personas expertas en BIM que lideran este cambio metodológico

usualmente no son expertos en pedagogía, lo que complica el desarrollo de este tipo de proyectos, ya que deben conocer el funcionamiento de distintas áreas y las normas por las que se rigen los planes de estudio.

En junio de 2017 se pidió a la autora, aún con escasa experiencia y siendo consciente de la complejidad, liderar la implementación BIM en los grados de Arquitectura y Arquitectura Técnica y Edificación de la Escuela Técnica-Superior de Arquitectura La Salle (ETSALS), Universidad Ramon Llull (URL). La aplicación debía comenzar de forma inminente, unos meses después durante el inicio de curso 2018-2019, teniendo en cuenta la complejidad de llevar a cabo el proyecto de forma exitosa y las dificultades que puedan tener instituciones universitarias semejantes, como se expone a continuación.

Un primer aspecto para tener en cuenta era la coexistencia de dos planes de estudio en curso para los dos grados mencionados anteriormente, los cuales, compartían asignaturas en común, en especial los primeros años y, en el caso de Arquitectura una línea impartida completamente en inglés. Por lo que, desde un inicio, nos encontramos con alumnos afectados por distintos itinerarios, en cursos distintos y matriculados también, de planes de estudio diferenciados. Además, en ese momento también se estaba trabajando en la preparación de un nuevo plan de estudios con fecha de inicio prevista en 2022-2023 (posteriormente aceptado y que arrancará en la fecha prevista).

Dichos planes de estudio, además de la implementación BIM, se han visto afectados por la implementación de otra serie de actuaciones que se irán explicando a lo largo del documento, como el Nuevo Contexto de Aprendizaje (NCA), o la aparición de las *Units* en últimos cursos (una segregación en semestres de asignatura anuales pasando a ser independientes en cuanto a proyectos, profesores y sistemas de evaluación), donde se desdibuja la idea de asignaturas independientes y el alumno tiene opción de especializarse. Además, nos encontramos en el marco de una escuela privada, por lo que, aun rigiéndose con normas similares al sistema universitario público, el funcionamiento interno tiene una jerarquía, ideales de empresa y procesos de implantación y seguimiento del alumno que habitualmente son más personalizados que en los centros públicos y con dinámicas claramente diferenciadas. También, cabe recordar, estamos delante de un centro

universitario que a su vez está reconocido como Autodesk® Authorized Training Center (ATC), lo cual implica que debe cumplir una serie de requisitos marcados por Autodesk®, entre ellos, impartir software de dicho fabricante con duraciones y temáticas definidas.

Todo ello hace que haya una gran diversidad de situaciones de alumnado, que influyen en la implementación de forma directa. Se deben tener en cuenta todos los puntos anteriores para converger en el mismo punto: conseguir el objetivo de implementar BIM para todos los alumnos por igual.

En ese punto, la autora comienza su investigación para observar cómo se ha hecho en otros lugares del mundo, cómo está la situación en las universidades españolas y, analizar las dificultades en el caso concreto de la ETSALS. Es importante no contar únicamente con el punto de vista de los expertos BIM, que pueden enumerar las dificultades encontradas, y que además son coincidentes entre distintas instituciones universitarias, si no también contar con los puntos de vista de los distintos actores involucrados. Por ello, la investigación está orientada a comparar y encontrar factores comunes de dichas dificultades y analizarlos de forma rigurosa y científica para facilitar, a otras escuelas o centros, focalizar los iniciales desafíos en las problemáticas identificadas y ayudar a fomentar la necesidad de estándares para implementar BIM en el entorno educativo AEC.

El trabajo se desarrolla en el “Programa de Doctorado en tecnologías de la información y su aplicación en gestión, arquitectura y geofísica” de la Universidad Ramón Llull, regulado por el Real Decreto 99/2011 (Gobierno de España, 2011), dentro del grupo de investigación Group of Research on Technology Enhanced Learning (GRETEL) dirigido por el Dr. Catedrático de Universidad en Métodos de Investigación en metodologías educativas David Fonseca, y codirigido por el Dr. Albert Sánchez, adscrito a la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), dentro del grupo de investigación Arquitectura, Diseño, Representación y Modelado (ADR&M). Gracias al soporte dado por ambos directores durante el desarrollo de esta tesis se han podido alcanzar los objetivos planteados, en línea con los ámbitos de investigación que ambos grupos tienen definidos.

1.2 OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

La integración BIM en empresas de edificación para agilizar procesos y mejorar la colaboración entre agentes conlleva dificultades inherentes: aprendizaje de nuevas y más complejas tecnologías, cambios de metodologías de trabajo y una gran inversión económica, entre otras (Olugboyega & Windapo, 2021) (Sinoh et al., 2018) (Arrotéa et al., 2021) (Ullah et al., 2019) (Hamma-adama et al., 2020). Para conseguir que en un futuro los profesionales de las empresas sean usuarios BIM debemos pensar en un presente en el que los estudiantes de la universidad son aprendices de BIM. Sólo así será posible preparar a los estudiantes actuales para tener profesionales en el futuro con las competencias requeridas para poder realizar su profesión de forma óptima.

Sin embargo, las instituciones universitarias están avanzando muy lentamente durante los procesos de integración BIM. Se conocen las dificultades, pero no se están investigando de forma exhaustiva y científica. Por lo tanto, esta investigación se centra en detectar, analizar y evaluar las dificultades encontradas en la ETSALS para llevar a cabo este proceso porque sólo se podrán encontrar soluciones una vez detectados los impedimentos.

1.2.1 *Objetivos Principales*

- O.1: Identificar estrategias de intervención, métodos de evaluación y resultados de estudios previos que han realizado y analizado propuestas para implementar BIM en grados AEC.
- O. 2: Evaluar la viabilidad de un modelo específico para la integración de metodología BIM en el actual plan de estudios en los grados de Arquitectura y Arquitectura Técnica y Edificación de un caso concreto.

Para poder llevar a cabo el segundo objetivo surgen los siguientes objetivos específicos asociados a él:

- O.E.2.1: Analizar los resultados de la integración de tecnología BIM en el plan de estudios.
- O.E.2.2: Analizar los resultados de integración de procesos y flujos de trabajo BIM en distintas áreas de conocimiento transversales al plan de estudios.
- O.E.2.3: Detectar y analizar las dificultades encontradas durante el proceso.

1.2.2 Preguntas de investigación

Para ayudar a dar respuesta a los objetivos de investigación, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- P.1: ¿Qué procesos o estrategias se están llevando a cabo para implementar BIM en los planes de estudio AEC del mundo?
- P.2: ¿Cómo se está analizando la viabilidad de dichas estrategias?
- P.3: ¿Existe o se está investigando en una guía de implementación BIM académica que sirva como referencia para los centros educativos?
- P.4: ¿La implementación en primeros cursos favorece al aprendizaje del alumno?
- P.5: ¿Es posible integrar metodología BIM sin modificar la estructura de los planes de estudio actuales?
- P.6: ¿Los distintos actores/perfiles de usuario comprenden la diferencia de integración de tecnología y metodología?
- P.7: ¿Es necesario un cambio generacional para integrar por completo la metodología BIM en los planes de estudio?

- P.8: ¿Ayudaría a la implementación integrar trabajo colaborativo BIM durante los estudios de grado?
- P.9: ¿Es suficiente ofrecer formación en asignaturas de herramientas informáticas?
- P.10: ¿Es necesario que las asignaturas de las distintas áreas impartan, además del contenido de la asignatura, el conocimiento de las herramientas específicas relacionadas con la materia?
- p.11: ¿Quiénes deben ser los actores involucrados en una implementación BIM académica y cuál es su grado de implicación?

1.2.3 Metodología

La Figura 1. muestra el esquema del planteamiento metodológico llevado a cabo durante la investigación para lograr los objetivos propuestos.

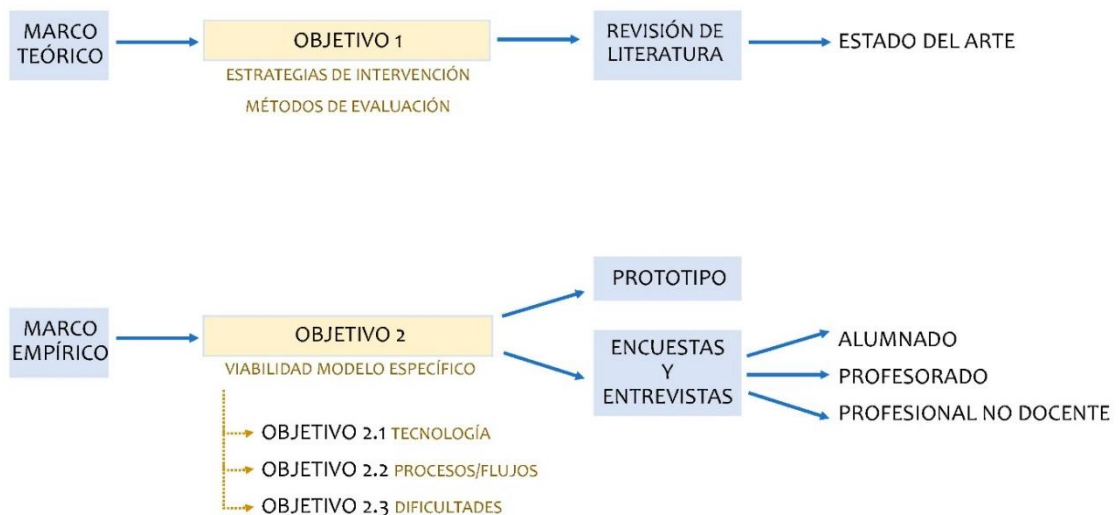


Figura 1. Planteamiento metodológico. Fuente: elaboración propia

- O.1: Tiene una relación directa con el marco teórico. Se basa en la identificación de estrategias de intervención, métodos de evaluación y resultados de otras entidades o instituciones similares al objeto de esta investigación. Para ello, se ha realizado una revisión sistemática de la literatura. Este proceso genera la construcción del estado del arte basado en las investigaciones científicas previamente publicadas y realizadas en un ámbito de estudio concreto que permite encontrar paralelismos y diferencias entre ellas, analizando los enfoques metodológicos llevados a cabo. La revisión sistemática de literatura realizada tuvo el objetivo de conocer las distintas estrategias de intervención al incorporar BIM en los planes de estudio AEC del mundo, conocer los métodos de evaluación que se han utilizado para el análisis de los resultados, y analizar y sintetizar los objetivos y resultados para comprobar si las instituciones tienen algún protocolo en el que basarse a la hora de hacer una intervención metodológica BIM en los planes de estudio.
- O.2: Se basa en el análisis de viabilidad y desarrollo del modelo específico llevado a cabo en la ETSALS en los grados de Arquitectura y Arquitectura Técnica y Edificación. Los objetivos específicos que componen el O.2 se detallan a continuación.
 - El OE.2.1 se basa en analizar los resultados de la integración de tecnología BIM en el plan de estudios. Está centrado en las asignaturas o materias dedicadas a impartición de herramientas/software y enfocado al aprendizaje BIM.
 - Por otra parte, el OE.2.2 se basa en analizar los resultados de la integración de metodología BIM. Está centrado en asignaturas o materias de distintas áreas de conocimiento en las que tenga sentido aplicar procesos o flujos de trabajo BIM, pero sin que sea el objetivo directo de su contenido, sino un posible medio para alcanzar los mismos resultados de aprendizaje.
 - Por último, el OE.2.3 concluye con el análisis de las dificultades encontradas, tanto tecnológicas como metodológicas, detectadas desde

distintos enfoques y, permitiendo definir los límites de la viabilidad del modelo específico.

1.2.3.1 Métodos mixtos y Experiencia de usuario

Los métodos de evaluación al abordar cualquier tipo de investigación relacionada con el aprendizaje suelen ser cuantitativos, cualitativos o mixtos (Cohen, L.; Lawrence, M.; Morrison, n.d.).

Los estudios cuantitativos se basan en el análisis de datos numéricos donde se suele trabajar con un número reducido de variables para validar el fenómeno que se estudia y suele ser necesario realizar análisis estadísticos para comprobar la fiabilidad de los resultados obtenidos (Ankur et al., 2015). Sin embargo, las descripciones numéricas no brindan detalles sobre percepciones o motivaciones de estudiantes, por lo que los métodos cuantitativos son limitados (Companyà et al., 2021). Las aproximaciones cuantitativas suelen centrarse en encontrar la causa, mientras que los métodos cualitativos se basan en obtener una mejor comprensión de la perspectiva de la muestra, obteniendo descripciones detalladas y explicativas (Holland, 1986)(Polkinghorne, 1995)(Næss, 2020). Ambos métodos son científicamente válidos y los resultados obtenidos son comparables, siendo el método a utilizar dependiente de las características de la muestra, del tipo de datos a recolectar y las necesidades de la investigación (McKim, 2017)(Jamali, 2018).

La investigación cuantitativa se centra en analizar el grado de asociación entre variables cuantificadas por lo que, se considera un método objetivo. La investigación cualitativa se centra en detectar y procesar intenciones, requiere deducción para interpretar los resultados, por ello, dicho enfoque se considera subjetivo (Sale et al., 2002)(Vigo et al., 2011)(Pfeil & Zaphiris, 2010). Históricamente, los métodos de investigación cuantitativos y cualitativos han sido los principales métodos en la investigación científica. La evaluación mixta surgió como enfoque híbrido para adoptar una visión más holística de los problemas metodológicos (Fonseca et al., 2015). La evaluación mixta utiliza métodos cuantitativos y cualitativos y, al combinarlos, pretende minimizar las debilidades de ambos métodos y potenciar sus fortalezas para obtener resultados sólidos (Companyà et al., 2021).

Por otra parte, Don Norman (Norman et al., 1995) popularizó el término Experiencia de Usuario (UX) para incluir sentimientos y aspectos significativos de la interacción del usuario con las máquinas y los servicios. Es decir, analizar cómo se siente una persona al interactuar con un sistema a través de parámetros como facilidad de uso, utilidad, eficiencia etc. Numerosos estudios han enriquecido UX con nuevos conceptos y ramas desde entonces (McDonagh, 2004)(Helander & Tham, 2003). En este caso particular, se considera que el alumnado y el profesorado son el usuario y el nuevo método BIM utilizado se considera el producto o servicio (Fonseca et al., 2015).

La presente investigación presenta un análisis de la estrategia o prototipo llevado a cabo en la ETSALS durante tres años consecutivos donde se utiliza un enfoque mixto centrado en UX. Se obtienen datos cuantitativos longitudinales durante dicho periodo y datos cualitativos al finalizarlo. Los datos recopilados se analizan y, los resultados obtenidos, se utilizan para mejorar el prototipo actuando sobre las debilidades detectadas (Companyà et al., 2021).

1.2.3.2 Instrumentos y grupos de estudio

Se ha diseñado, validado y posteriormente implementado un análisis cuantitativo mediante una serie de encuestas a los grupos de estudio más directamente afectados: alumnos que han recibido formación BIM, y profesores de distintas áreas de conocimiento. Dicho análisis aborda conceptos tanto del aprendizaje de tecnología BIM, como de la aplicación de procesos BIM en distintas áreas de conocimiento. Los resultados obtenidos han aportado ideas para desarrollar el prototipo específico y detectar dónde se encontraban las debilidades de este. Los instrumentos diseñados se han basado en encuestas donde la escala de calificación de las preguntas se basa en una escala de Likert (Ankur et al., 2015) de 1 a 5 relacionadas con la motivación y satisfacción de los estudiantes y profesores. La validez de dichos cuestionarios fue comprobada mediante un método Delphi por doctores expertos en UX pertenecientes al laboratorio de Usabilidad de La Salle, Universidad Ramon Llull.

El enfoque cualitativo se realiza mediante entrevistas semiestructuradas a alumnos (de últimos cursos que han recibido formación BIM y que han tenido la posibilidad de aplicarlo en distintas asignaturas posteriormente), docentes de distintas áreas de conocimiento y

profesionales no docentes familiarizados con el uso de metodología BIM. Las entrevistas han permitido identificar y analizar en profundidad las necesidades y dificultades encontradas en las distintas áreas de conocimiento en función de los perfiles de usuario que han participado.

Ambos enfoques, junto con los resultados de la revisión sistemática, han permitido desarrollar y, posteriormente, validar los procesos del modelo específico implementado durante el periodo de la investigación, detectando las resistencias en los procesos de inclusión de BIM en los grados universitarios AEC, aspecto que nos va a permitir promover las mejoras en futuras estrategias de implantación.

1.3 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

La investigación se organiza en cuatro capítulos: Introducción, marco teórico, marco empírico y finalmente la sección de conclusiones y líneas futuras de investigación.

El primer capítulo, Introducción, muestra el marco de la investigación. Está compuesto por tres partes en las que se define el marco que motiva el interés por esta investigación, el planteamiento metodológico llevado a cabo para dar respuesta científica a los objetivos, y la estructura final del documento.

El segundo capítulo, Marco teórico, detalla el estado del arte. Está compuesto por cuatro partes en las que se muestran los conceptos fundamentales para una mejor comprensión el trabajo y se presenta una revisión sistemática de literatura para ahondar y concluir el estado del arte.

El tercer capítulo, Marco empírico, muestra el análisis científico de la investigación. Está compuesto por cuatro partes en las que se presenta el desarrollo del modelo específico en sus distintas fases, fundamentado en el marco teórico, y los distintos enfoques obtenidos de los grupos de análisis.

El cuarto y último capítulo, Conclusiones y líneas futuras de investigación, concluye con los resultados de la investigación. Está compuesto por 3 partes en las que se detallan las conclusiones de los objetivos planteados, se exponen posibles líneas futuras de investigación y se presentan publicaciones a lo largo de la elaboración de la tesis.

El documento se completa con el compendio de las referencias empleadas durante el desarrollo de la tesis.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 BUILDING INFORMATION MODELING

El capítulo describe en qué consiste la metodología BIM con el objetivo de explicar la diferencia entre la tecnología y la metodología. Se realiza un resumen de la evolución que ha sufrido BIM, desde la aparición de los primeros softwares hasta la incorporación de BIM en las empresas españolas. No se pretende profundizar en los procesos y protocolos que implica una implementación BIM en una empresa, pero sí hacer comprender al lector lo que supone para ellas un cambio, además de tecnológico, metodológico. Por último, se detallan los problemas y complicaciones que sufren las empresas españolas al realizar el cambio de CAD a BIM.

2.1.1 ¿Qué es BIM?

La industria de la construcción, al igual que el resto de los sectores industriales, se están transformando gracias a las nuevas tecnologías audiovisuales. Sistemas basados en la realidad aumentada (RA), la realidad virtual (RV), la utilización de tabletas y entornos digitales interactivos para la visualización y gestión de planos, las impresoras 3D, los drones, las capturas con nubes de puntos, la fotogrametría..., son claros ejemplos de métodos y sistemas que en los últimos 30 años han generado una revolución digital. Sin embargo, cada agente del proceso entiende el proyecto constructivo de una manera distinta, tiene unos intereses distintos y utiliza una tecnología distinta. Actualmente existen problemas de coordinación en cuanto a la relación de todas estas tecnologías y sus objetivos finales de forma conjunta. BIM pretende unificar todas estas visiones en un mismo modelo digital para mejorar la comunicación y comprensión entre ellos y, de esta manera, reducir costes por desviaciones en cualquiera de las fases.

La metodología BIM, ampliamente definida (Kensek, 2014)(Ahmed et al., 2017)(Nawari et al., 2014)(Arnett & Quadrato, 2012)(NBIMS et al., 2015), se basa en el trabajo colaborativo, con la intervención de todos los agentes involucrados en el proceso. Facilita la eficiencia,

agiliza procesos, y ofrece un mayor control sobre el proyecto arquitectónico durante todo su ciclo de vida. Las siglas definen la representación digital a escala real del proyecto (Modeling), con toda la información requerida (Information) por todo el proceso de diseño, ejecución y mantenimiento de una construcción (Building), en el sentido más amplio de la palabra, no únicamente a nivel arquitectónico.

Podríamos definir la metodología BIM a partir de la respuesta a cinco interrogantes principales:

- ¿Qué es? una metodología de trabajo
- ¿A Quién va dirigida? todos los agentes involucrados en el proceso
- ¿Cómo funciona? colaborativo
- ¿Cuándo se implementa? durante todo el ciclo de vida del edificio
- ¿Para qué es funcional? facilitar colaboración entre agentes, agilizar procesos, anticipar problemas, realizar mediciones y estimación de costes más precisa, prever el mantenimiento, sostenibilidad...

Por tanto, las siglas, 'Building' 'Information' 'Modeling', definen la construcción de un conjunto de datos en un entorno para ver su alcance, en la que la sigla más significativa es la 'I' ya que, sin ella, no existe esta metodología, lo más importante de esta forma de trabajar es la cantidad de información que acoge y la gestión de la misma.

2.1.1.1 La B en BIM

Cuando hablamos de 'building' como edificio, estructura, espacio construido, debe entenderse en el sentido más amplio de la palabra. Se refiere al proceso constructivo que tenga que ver con una edificación, pero no únicamente en el área de edificación referida a la arquitectura o arquitectura técnica, puede referirse también a grandes proyectos urbanos o proyectos de obra civil más relacionados con la rama de la ingeniería.

2.1.1.2 Por qué utilizar BIM

El ciclo de vida de un proyecto son las fases que atraviesa desde su concepción hasta su cierre. Existen tres etapas: diseño, construcción y mantenimiento. Dentro de las cuales intervienen las distintas fases: programación, diseño conceptual, diseño detallado, análisis, documentación, fabricación, tiempo y costes, logística, operación y mantenimiento y demolición o renovación (Figura 2). Cada proyecto tiene unos entregables definidos, por lo que las actividades llevadas a cabo varían de un proyecto a otro (Fenández, 2016). La metodología BIM ayuda a mejorar la coordinación de las distintas fases y los distintos agentes que intervienen en ella ya que el acceso a la información es constante. BIM permite dar soporte a decisiones de inversión, analizar comparativamente los requisitos energéticos y medioambientales, visualizar el diseño y estudios de viabilidad, usar los datos del edificio durante la fase de operaciones y mantenimiento, entre otros (BuildingSMART, 2014).

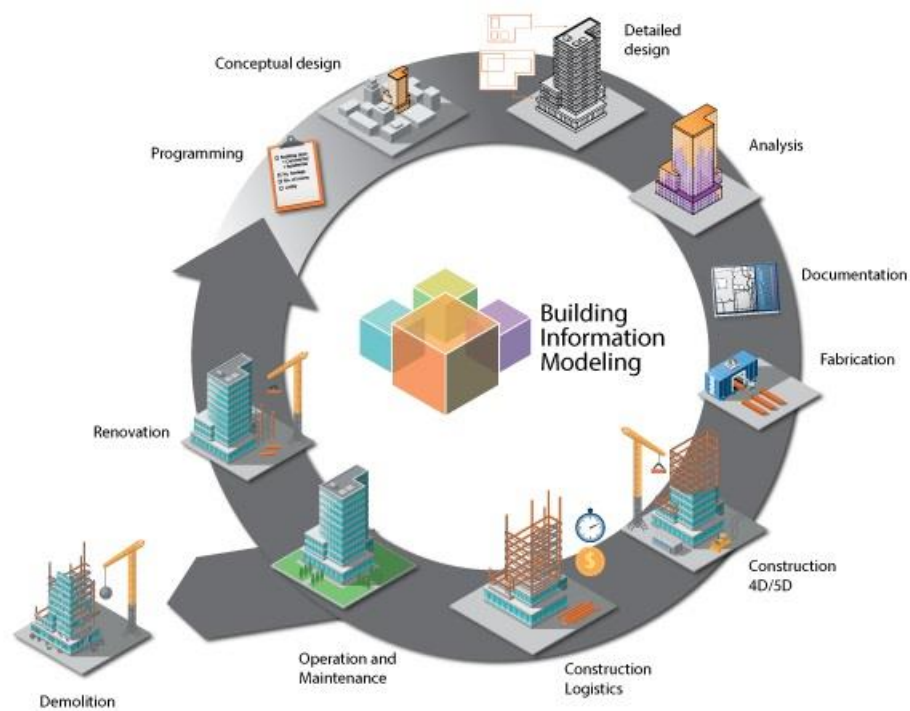


Figura 2. Ciclo de vida BIM. Fuente: hildebrandt.cl

La conocida curva McLeamy, llamada de esta forma por el autor, define las mejoras que supone la utilización de metodología BIM en un proyecto en las distintas fases, Figura 3. La

línea negra representa la forma de trabajo habitual con las herramientas utilizadas con sistemas tradicionales, donde el esfuerzo recae en la fase constructiva y la roja representa los costes que suponen los cambios en etapas más avanzadas del proyecto con estos sistemas de trabajo. En el caso de trabajo con BIM los flujos de trabajo y los costes de cambios son muy distintos. La línea azul representa los costes en los cambios de diseño con BIM, que irán descendiendo a medida que el proyecto avanza y la línea verde representa el esfuerzo realizado, el flujo de trabajo es mayor en fases de diseño y desciende drásticamente a partir de la fase de construcción.

Para obtener estas mejoras es preciso que la toma de decisiones se realice en edades tempranas donde existe aún la capacidad de influir positivamente en el coste final y reducir los flujos de trabajo. A través de BIM es posible lograrlo (Felipe Choclán Gámez, Manuel Soler Severino, 2014).

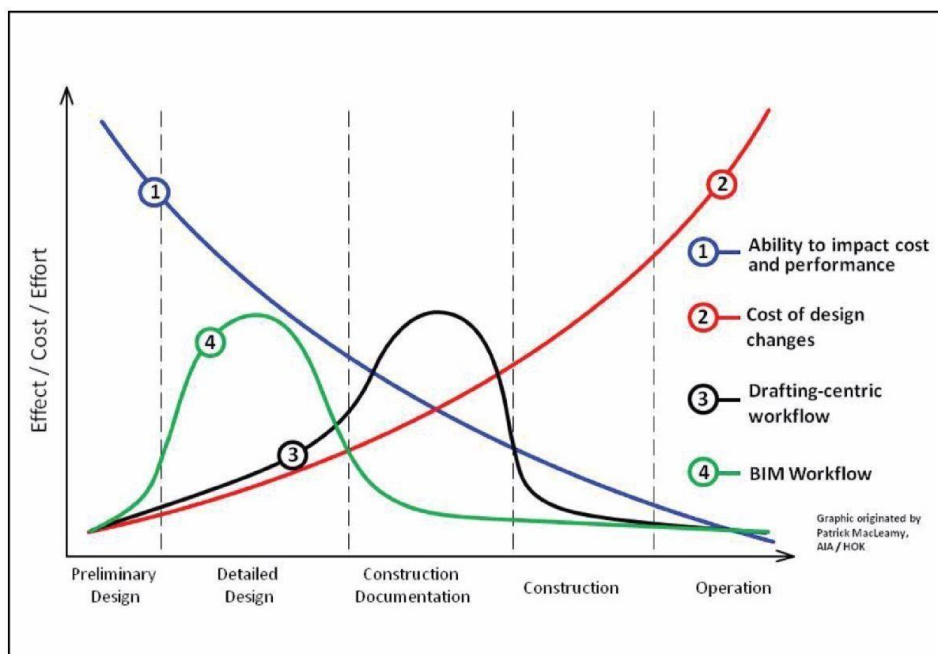


Figura 3. Curva MacLeamy. Workflow y costes del cambio de diseño. Fuente: European BIM Summit 2018

El acrónimo ‘BIM, BAM, BOOM!’, Figura 4, adoptado también por Patrick MacLeamy, representa los costes de los distintos esfuerzos en las tres etapas del ciclo de vida. BIM representa el modelado del proyecto, BAM la fase constructiva (A de Assembly, referente a

sus siglas en inglés) y BOOM la fase de operaciones (O de Operation). Considerando unos 50 años de vida útil, el autor de la gráfica asegura que por cada dólar invertido en la fase de diseño se invierten 20 en la fase constructiva y 60 en la de operaciones. Según MacLeamy, si el proyecto es gestionado a través de metodología BIM es posible optimizar dichos costes.

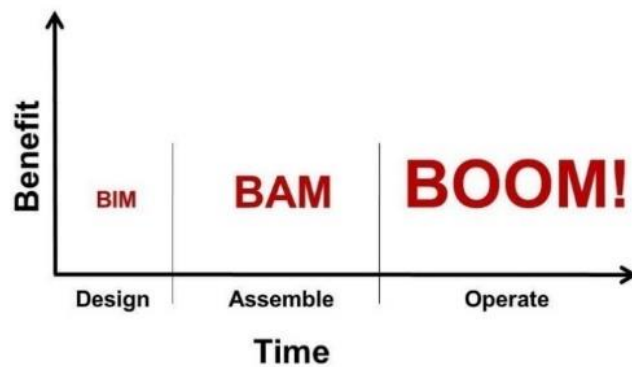


Figura 4. Patrick MacLeamy. BIM BAM BOOM! Fuente: BIM summit 2019

Por lo tanto, cuando existe BIM, la gran pregunta es ¿quién se beneficia de su uso? Es decir, ¿quién gana dinero usando BIM? Para ello, es necesario analizar todo el ciclo de vida de un edificio con y sin BIM. La respuesta es: quien pueda utilizar el modelo durante más tiempo y para mayor número de funciones, es decir, el propietario. El beneficio aumenta a medida que pasa el tiempo, siendo mayor en la fase de construcción que en la de proyecto y mayor aún en la de mantenimiento que en la de construcción. Es el explotador/propietario del edificio el que decide utilizar BIM, al convencerse de sus beneficios por tener un modelo virtual exactamente igual al real (Cortés, 2015).

2.1.1.3 La I en BIM

Dentro de la mencionada 'I' podemos encontrar distinta información y en distinta cantidad, Figura 5. Para poder gestionar toda la información que contiene un proyecto de edificación se habla de las 'dimensiones BIM'. Éstas aparecen para anticipar problemas y controlar la gestión completa del edificio, son la principal virtud frente al modelo tradicional de gestionar el proceso en todas sus fases: diseño, construcción y explotación (Tse et al., 2005) (Lee et al., 2005).



Figura 5. Las dimensiones BIM. Fuente: salvamoret.com

- 1D: Es el punto de partida del proyecto. La idea inicial y los conceptos que componen la concepción de este.
- 2D: Esta dimensión es la obtención de planos bidimensionales para la comprensión de los proyectos, bien sean dibujos, planos o vistas.
- 3D: Es referido al modelado geométrico tridimensional, añadiendo una dimensión más al tradicional dibujo 2D, lo cual ayuda a la visualización y comprensión del proyecto. Sin embargo, éste no es su objetivo final, sino una capacidad inherente a BIM (Oliver Faubel, Inmaculada; Villoria, Paola; Fuentes-Giner, Begoña; Del Rio Merino, 2016). El llamado 3D contiene toda la información geométrica del modelo, incluyendo las 3 disciplinas principales en el caso de proyectos de edificación: arquitectura, estructura e instalaciones.
- 4D: Cuando se habla de 4D, se considera, además del modelo tridimensional, el factor tiempo. Es decir, la inclusión de fases en el proyecto, lo cual supone fases de construcción que permiten realizar planificación de ejecución de obra, incluidas simulaciones. En esta fase, se suelen chequear las colisiones que retrasan la fase de obra.
- 5D: Se refiere a costes, se agrega la información de costes para realizar mediciones y presupuestos. Pero no únicamente se refiere a costes de obra, sino que abarca los costes y estimaciones de gastos de todo el ciclo de vida del proyecto, abarcando también la fase de mantenimiento. La dimensión 5D, junto con la anterior 4D, permite la planificación presupuestaria de las distintas fases. Por ejemplo, en el caso de la fase de ejecución permite realizar certificaciones. Algo importante en todas las dimensiones de BIM, pero que se aprecia perfectamente en el 5D, es la actualización

en tiempo real. Si cambiamos el precio de un material en el modelo, cambiará automáticamente en las mediciones y muy ágilmente en el presupuesto.

- 6D: La sexta dimensión se refiere a sostenibilidad y análisis energético. Permite realizar simulaciones del comportamiento pasivo del edificio en fases muy tempranas de diseño para mejorar el comportamiento energético, y realizar simulaciones de rendimiento y comportamiento activo una vez integradas las instalaciones. Este punto permite incluso, controlar la huella de carbono de la construcción y posterior funcionamiento del edificio.
- 7D: La fase más importante para el propietario es la de explotación, cuando el proyecto pasa a ser un activo inmobiliario, esta dimensión abarca la operación y mantenimiento del edificio. De esta manera, la gestión del ciclo de vida del edificio es completada con la gestión del proceso de mantenimiento. Es habitual que en este punto aparezca el rol del Facility Manager (FM), que es el profesional encargado de la gestión del mantenimiento, este perfil puede integrarse en la toma de decisiones desde fases tempranas.
- Se lleva un tiempo hablando de otras dimensiones todavía superficialmente implementadas: la 8D es referida a seguridad y salud, la 9D a la inclusión de metodologías Lean Construction y la 10D a construcción industrializada.

Todas las dimensiones tienen relaciones directas entre ellas, como una tela de araña, se nutren unas de otras. Es decir, si quiero medir bien, tendré que hacer un buen modelo 3D o, por ejemplo, si quiero visualizar con gafas de RA en la fase de mantenimiento o explotación para detectar la situación concreta de un elemento sin la realización de catas, tendré que realizar un modelo tridimensional de “as-built” correcto.

Aunque hoy en día, ya se habla de las 10 dimensiones mencionadas, a modo general, el entorno AEC aún se está familiarizado con la 3D, siendo poco habitual profesionales que puedan haber alcanzado la 6D o 7D. Para la correcta integración BIM y su máximo aprovechamiento, es importante utilizar los modelos para las distintas dimensiones. Si únicamente nos quedamos en la tercera dimensión, el trabajo en BIM será mucho más tedioso y complejo, ya que estamos realizando un modelo tridimensional colaborativo para

no realizar posterior aprovechamiento, siendo precisamente, donde BIM gana velocidad, precisión y control.

2.1.1.4 Del lápiz al CAD, del CAD al BIM

La representación arquitectónica es parte indispensable de las competencias en la formación de un arquitecto. Con la aparición de las primeras aplicaciones CAD, éstas rápidamente se incorporaron al flujo del proyecto profesional, e incluso al académico. De esta forma, la informatización ha conseguido que el arquitecto realice el mismo trabajo, pero ahorrando tiempo y esfuerzo (Fonseca et al., 2014, 2021, Fonseca, Villagrana, et al., 2017a, 2017b).

El diseño asistido por ordenador (CAD) inició, en los años 80 una revolución a nivel profesional en la arquitectura ya que favoreció la eficiencia y agilidad en la redacción de proyectos técnicos. Las universidades comenzaron a incluir formación en este ámbito en sus planes de estudio, ya que estos conocimientos del estudiante mejoraban la representación del resto de asignaturas enfocadas al diseño (Navarro & Fonseca, 2017).

Tal y como se muestra en la Figura 6, dentro de los sistemas CAD, la representación de los elementos en 2D es a través de líneas, de la misma forma que hacíamos previamente con sistemas manuales, pero sustituyendo el dibujo a mano alzada a hacerlo a través de un ordenador: 4 líneas representan un muro. El formato CAD 3D permite generar elementos tridimensionales a través de más líneas. El formato de herramientas BIM no se asemeja a un 3D, como habitualmente suele confundirse. Ese elemento tridimensional tiene información, toda la información necesaria que el proyecto requiera. Es decir, no es una extrusión que representa un muro, es directamente la virtualización de un muro. El contenido de los elementos depende de la cantidad de información que requiera el proyecto, pero se basa varios conceptos. La clase o tipo de elemento (qué es), la interacción con otros elementos, las relaciones de dependencia con otros elementos (cuál depende de cuál), atributos (la información que podemos o no añadir), propiedades o características y su geometría.

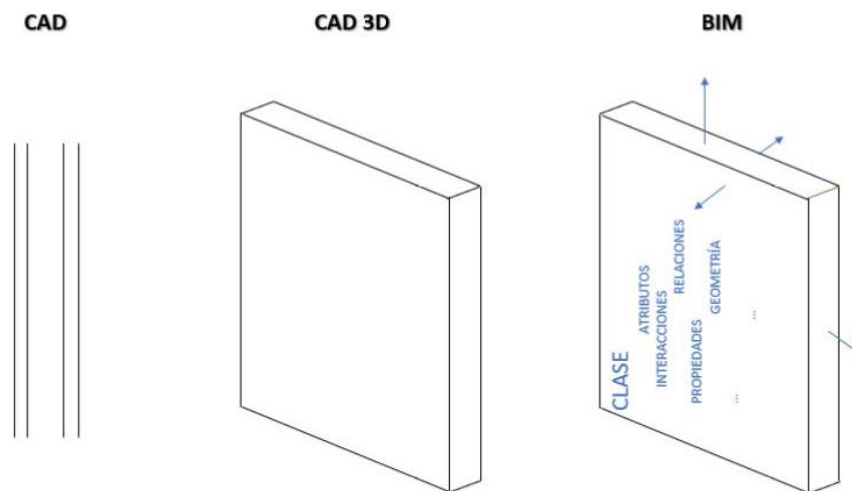


Figura 6. Formato CAD, Formato BIM. Fuente: elaboración propia

El proceso de trabajo CAD es lineal, trabaja en una sola dirección. Si generamos, por ejemplo, una planta, generaremos después un alzado buscando las alineaciones entre ellos, igual que hacemos cuando dibujamos a mano, ya sea a mano alzada o con paralex. En caso de hacer un cambio en la planta tendremos que trasladarlo al alzado nuevamente. El proceso de trabajo en metodologías BIM es bidireccional, no debemos ‘dibujar’ cada modificación, al generar la planta estamos generando simultáneamente los alzados y secciones. Por lo tanto, cualquier cambio, será modificado en todas las vistas automáticamente ya que, se trabaja directamente sobre un modelo tridimensional.

El paso del lápiz a CAD fue un gran cambio, el paso de CAD a BIM es un cambio exponencialmente mayor (Denzer & Hedges, 2008)(Livingston, 2008)(Weber & Hedges, 2008). Cuando se pasó del lápiz al CAD se sustituyó la herramienta de trabajo. Es decir, en vez de utilizar un lápiz, era posible dibujar de forma más precisa y ordenada a través de un ordenador, era posible dibujar en 2 dimensiones y realizar también volúmenes tridimensionales. Como se explicará más adelante, en el caso del BIM no cambia únicamente la herramienta sino la manera de trabajar, es un cambio metodológico. Se realiza un modelo digital exacto al proyecto real, este modelo digital contiene, en cada uno de sus elementos, toda la información necesaria para su ejecución, por lo que ya lo estamos construyendo previamente, a través de un ordenador.

Los arquitectos diseñan, a través del dibujo, el plan para construir, no construyen, son los planos diseñados por los arquitectos los que se materializan en una construcción. Para ello, CAD actuó como un lápiz digital, BIM es un avatar digital, una réplica de la arquitectura, con un nivel de precisión e información sin precedentes. Para conseguir las especificaciones de todas las características mediante un proyecto convencional, se necesitaría una gran cantidad de documentos que serían difíciles de gestionar. El cambio de BIM está basado en la simulación y en la gestión de la información (Ambrose, 2007).

2.1.1.5 Qué es un modelo BIM

Como ya se ha mencionado, un modelo BIM es una maqueta digital tridimensional que contiene toda la información necesaria en cada fase del ciclo de vida, a parte de la geométrica. Este tipo de modelos permite contener una gran variedad de elementos paramétricos. Aunque en CAD ya se utilizan, en metodología BIM la información de estos objetos aporta valor añadido y complejidad.

Para que toda esta información fluya de forma correcta, existen criterios de modelado según los objetivos del proyecto. Tener toda la información que requiere el proyecto no significa modelar todo en tres dimensiones. Es distinto modelar con el objetivo de imprimir planos que, con el objetivo de utilizar el modelo para medir, obtener análisis energéticos o planificar la obra. Por ejemplo, una familia de carpintería puede tener cada elemento modelado en 3 dimensiones, desde el doble vidrio hasta el último tornillo o goma, sin embargo, puede no ser necesario para según qué fases. Para hacer el análisis energético necesitamos las dimensiones del hueco, para obtener planos necesitamos dibujos en 2 dimensiones y para hacer un presupuesto necesitamos el recuento de unidades y precios. Por lo tanto, el proyecto requiere modelar en 3 dimensiones el hueco y el volumen general de la carpintería, en 2 dimensiones el detalle de los encuentros y añadir información del fabricante a los elementos, pero no requiere el modelado tridimensional completo.

Para estandarizar cómo debe modelarse un proyecto, aparecen los conceptos Level of Detail (LOd), Level of Information (LoI) y Level of Development (LOD). Sucesivamente, nivel de detalle y nivel de información o desarrollo, este último nivel corresponde a la suma de los

dos previos (LOD=LoD+LoI). Que un modelo tenga gran cantidad de información no significa que tenga más detalle geométrico ni visual. Por un lado, está la visualización y, por otro, la gestión de datos que necesitemos realizar con ese elemento. BIM permite tener un elemento con poco detalle geométrico, pero con gran cantidad de información. Por ejemplo, un rectángulo representa una mesa, sin embargo, puede contener información sobre el fabricante, precio, código del modelo, material... Es posible que no se necesite visualmente una geometría compleja pero sí otro tipo de información para hacer un recuento de precios y cantidades, por lo tanto, la mesa tendría, en este caso, un nivel de detalle muy bajo y un nivel de información muy alto. Cuando hablamos de nivel de desarrollo, las siglas LOD van seguidas de un número que define en qué grado debe aplicarse cada nivel en el proyecto según los usos y objetivos del mismo. En las Figuras 7 y 8 se puede observar un ejemplo de la definición de LODs. En la norma UNE-EN ISO 19650 aparecen las siglas LoIN (Nivel de Necesidad de Información) para definir las anteriores, al menos, en las especificaciones del cliente.



Figura 7. Level of Development. Fuente: Nivel de Desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España

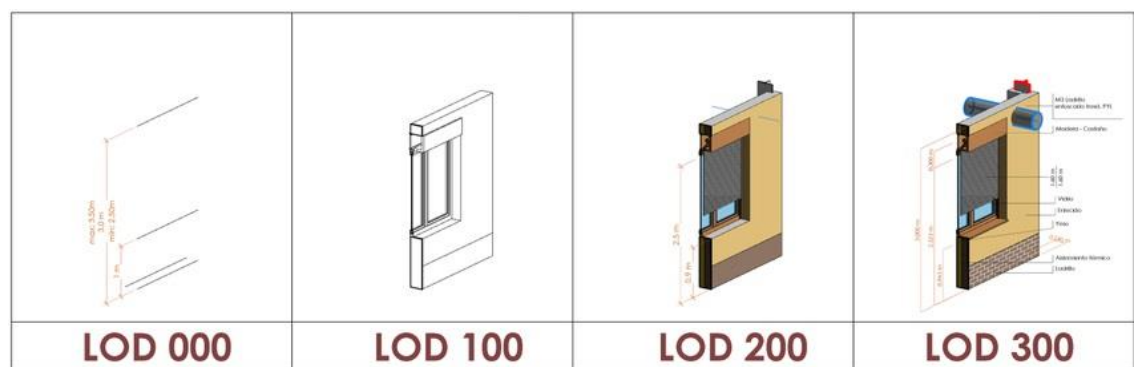


Figura 8. Level of Development (000- 300). Fuente: Nivel de Desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España

Además de la necesidad de definir el LOD necesario en cada fase de proyecto es relevante mencionar que los distintos agentes entienden el modelo BIM de forma distinta. Cada uno de ellos requiere un tipo de información diferente y con un nivel de definición distinto. Habitualmente, el arquitecto comprende el modelo como un modelo paramétrico, el ingeniero como un modelo analítico, el promotor como un modelo que le permite cuantificar, el constructor como un modelo que muestra el proceso constructivo y, finalmente, el usuario como un modelo que le muestra la estética y la funcionalidad.

Para conseguir que el flujo de trabajo fluya, aunque los involucrados tengan necesidades distintas, deben estar en consonancia. Para dar solución a este requerimiento, la metodología BIM se basa en un sistema de trabajo colaborativo. Es un único modelo del que cada agente extrae y aporta la información que necesita, de esta manera todos los agentes tienen la información actualizada en todo momento, y coordinada. Cada agente utiliza un software distinto, por lo que un mismo modelo puede contener distintos archivos y distintos softwares relacionados entre ellos siempre en una misma red de trabajo, ya sea local o a través de la nube. Un único modelo no significa un único archivo. Además, la metodología no debe lucrarse de un fabricante concreto. Cada agente debe tener la libertad de escoger el software que desee puesto que la metodología se basa en la interoperabilidad y en relacionar los distintos softwares.

Para realizar dicha colaboración, BIM ofrece la posibilidad de trabajar en modo colaborativo, a través de links o ambos. Es habitual trabajar con 3 disciplinas a partir de la fase de diseño: Arquitectura, Instalaciones y Estructura. Sin embargo, en cada proyecto puede haber tantos submodelos como sea necesario (Olivier Faubel, 2015). Por ejemplo, el despacho de arquitectura genera un archivo central, cada uno de los trabajadores del despacho genera su archivo local, una copia del central del que extrae información, trabaja sobre él y vuelve a trasladar la información al archivo central. De esta manera, cada vez que uno de los trabajadores extrae información del archivo central está actualizada en tiempo real. Imaginemos que ocurre lo mismo con el despacho que se encarga de la estructura y las instalaciones de forma externa, habrá tres archivos centrales, los cuales, pueden estar vinculados para mantener la información actualizada. Este esquema puede ir complicándose a medida que se incorporan agentes a la ecuación y requerirá perfiles con amplios

conocimientos en BIM para gestionar la interoperabilidad de todo este flujo de información de manera adecuada y eficiente.

2.1.1.6 La M en BIM

La ‘M’ proviene de ‘Modeling’ como proceso de modelado, pero habitualmente se confunde con el modelo en sí. Cuando oímos hablar de BIM, habitualmente se relaciona con software de modelado y se olvidan los procesos o flujos necesarios para lograrlo. Además, para llevar a cabo esos procesos, es necesaria una buena gestión. La aplicación de metodología BIM es una cuestión de gestión de proyectos (Project Management) aplicado a BIM, por lo tanto, la ‘M’ de Modeling podría ser sustituida por Management (Alvarez-Perez, Miguel-Angel; Bouzas-Cavada, 2015)(Cos-Gallón López, 2016).

Es la sigla que más autores han mencionado como cambiante, sobre todo en los últimos años, por la importancia de la gestión en los procesos de modelado. Por esa razón, tal y como se muestra en la Figura 9, diversos autores y expertos han distinguido tres M: Model, Modeling y Management (Doan et al., 2019)(Liu et al., 2019).



Figura 9. Building Information Model, Modeling, Management. Fuente: elaboración propia

‘M’ como Modelo se refiere a la visualización de toda la información que contiene la maqueta virtual de la construcción. ‘M’ como Modeling se refiere al proceso de modelado, al conjunto de tecnologías y flujos de trabajo que deben llevarse a cabo para conseguir el

modelo que contenga la información necesaria. ‘M’ como Management se refiere a la gestión de las tecnologías y procesos para poder llevarlos a cabo de forma eficiente (*Modeling, Model y Management: las tres M del BIM y el software adecuado*, n.d.)(Oliver Faubel, Inmaculada; Villoria, Paola; Fuentes-Giner, Begoña; Del Rio Merino, 2016). Podríamos resumir la ‘M’ (de Management) como la gestión de los procesos ‘M’ (de Modeling) para obtener el modelo ‘M’ (de Model).

Es relevante mencionar que, cuando hablamos de las 3 M, hablamos de conceptos u objetivos para llevar a cabo la completa metodología BIM: modelo, procesos y gestión. Los softwares, no se relacionan únicamente con el modelado, concepto que habitualmente se confunde. Existen softwares capaces de crear modelos BIM, otros que enriquecen dichos modelos BIM (realizando cálculos, verificaciones... etc.) y otros que ayudan a mejorar la gestión BIM.

Cuando hablamos de Management, aparte de utilizar tecnología BIM, hablamos de criterios de trabajo, protocolos e interoperabilidad entre distintos softwares, ya sean de modelado o de gestión. Dicha gestión, no únicamente se refiere a la gestión de la interoperabilidad de los distintos softwares, sino también a la gestión de los flujos de trabajo de los involucrados. Es decir, también las personas y la gestión de las mismas. BIM no es sólo tecnología, trata de personas, por lo que tiene un importante valor sociológico (Oliver Faubel, Inmaculada; Villoria, Paola; Fuentes-Giner, Begoña; Del Rio Merino, 2016).

2.1.1.7 Tecnología VS Metodología

Tras lo mencionado en los apartados anteriores, volvamos al principio. Una de las definiciones que dicta la Real Academia Española (RAE) cuando se refiere a tecnología es el ‘conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto’. Cuando habla de metodología se refiere a ‘ciencia del método’. Observando entonces el significado de método, la RAE se refiere a él como ‘modo de decir o hacer con orden’.

En los apartados anteriores se ha hablado de instrumentos, pero también de modos de hacer. Es un error, cuando hablamos de metodología BIM hablar únicamente de los instrumentos ya que, el modo de hacer es lo que hace que los instrumentos sean útiles. Es de gran importancia distinguir la tecnología BIM (softwares) de la metodología BIM (interoperabilidad, criterios de trabajo, protocolos). Es por ello que se ha dedicado un apartado a aclarar este punto y a remarcar que, a lo largo de todo el documento, se va a hacer referencia a tecnología, por un lado, referida a los instrumentos utilizados cuando se trabaja en BIM y, por otro, a la metodología, los procesos y modos de hacer para poder llevarlo a cabo.

2.1.2 Inicio y evolución del BIM

2.1.2.1 La aparición de los primeros softwares

Ya en 1975 Chuck Eastman describía un prototipo que incluía conceptos de diseño paramétrico y proponía una ‘base de datos única e integrada para un análisis visual y cuantitativo’ llamado Building Description System (BDS). Durante su desarrollo, entre los años 1970 y 1980 pasó a denominarse ‘Building Information Models’ en Estados Unidos y ‘Product Information Models’ en Europa. En 1992, Nederveen y Tolman (Departamento de Ingeniería Civil de la Delft University of Technology, Países Bajos) publicaron un artículo en el que, por primera vez, fusionaban ambos términos para definirlo, por primera vez, como ‘Building Information Model’ (Martín-Dorta, Norena; GonzálezdeChaves-Assef, Paula; Roldán-Méndez, 2014).

Aunque el software más utilizado en la actualidad en España es Revit® (Autodesk®), el cual apareció en el año 2000, ya en 1984 Graphisoft® hizo el primer lanzamiento de Archicad®, entonces llamado Radar CH. En 1987, se desarrolló el concepto de edificio virtual (Virtual Building). Pese a que existen softwares en funcionamiento desde los años 80, no ha sido hasta la actualidad cuando se ha comenzado a tratar de extraer todo el potencial a esta

metodología. Únicamente se utilizaba como una tecnología, una conjunción de softwares, pero no como herramientas de gestión de proyecto (Cheng, 2006)(Felipe Choclán Gámez, Manuel Soler Severino, n.d.).

2.1.2.2 *Antecedentes mundiales y europeos*

Si bien la tecnología BIM existe desde hace más de 2 décadas, la implementación en los procesos constructivos ha sido relativamente lento. Desde que las instituciones gubernamentales comenzaron a exigir visar las obras públicas en BIM, los procesos constructivos en dicha metodología se comenzaron a extender (Smith, 2014). La implementación BIM ha sido liderada por países como EEUU, UK, Alemania, Canadá y Francia, uniéndose poco después Australia, Brasil, Japón, entre otros (McGraw Hill Construction, 2014).

EEUU ha sido durante mucho tiempo líder mundial en este proceso (Kassem & Succar, 2017). Ya en 2007 ordenaron el uso de BIM para validar programas espaciales en todos sus proyectos y desarrollaron pautas y estándares reconocidos internacionalmente (Khemlani, 2012). El gobierno de UK introdujo una estrategia de implementación considerada como la implementación impulsada centralmente como la más ambiciosa del mundo ((HM Government), 2012) y en 2011, a través de una etapa de implantación, exigieron que para el año 2016 todos los proyectos gubernamentales exigirían BIM (Smith, 2014). En la región escandinava, países como Noruega, Dinamarca y Finlandia también son líderes mundiales en la adopción BIM. Lanzaron guías universales para la industria con el objetivo de establecer un estándar en la Unión Europea y su desarrollo ha tenido interés mundial invirtiendo cuantiosamente en investigación y desarrollo (Smith, 2014). Países como Singapur, Australia, Brasil, China también han fomentado iniciativas, estándares y estrategias para implementar BIM de forma efectiva. Finalmente, en Europa, las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública, establecieron la necesidad de emplear sistemas electrónicos en procesos de contratación de obras, servicios y suministros a partir de septiembre de 2018 (Peña et al., 2016)(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, 2014). En la Figura 10, se muestra la adopción BIM mundial actual.

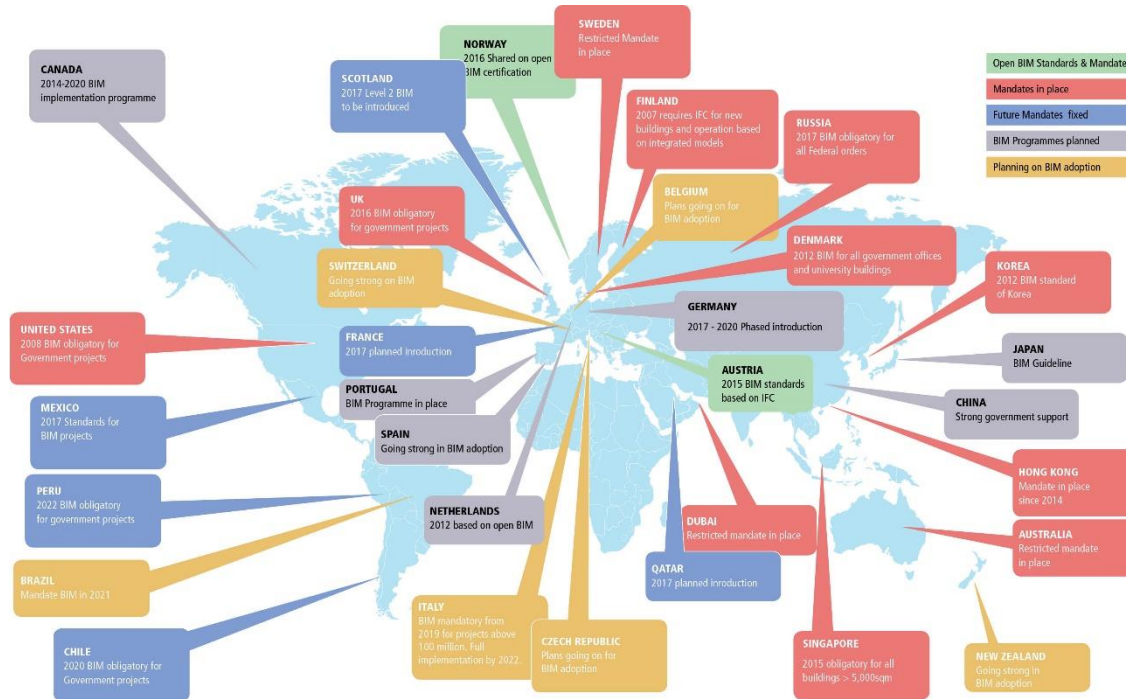


Figura 10. BIM Adoption. Fuente: idesie.com

2.1.2.3 Incorporación en las empresas españolas

La industria de la Construcción Española está sujeta a la Directiva UE 2014/24/UE, desde 2014. Ésta invita a modernizar la contratación pública europea y permite, a los 28 estados miembros, especificar y/o requerir el uso de BIM para proyectos de construcción financiados con fondos públicos de la Unión Europea (UE) a partir de 2016 (Del Solar et al., 2016)(Zelles, 2014).

En 2015, a la espera de la transposición de las directivas, el entonces Ministerio de fomento español (ahora denominado Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana) estableció la Estrategia Nacional BIM, donde impulsaba la creación de un foro informal abierto tanto al sector público como privado (al que se denominó Comisión BIM o iniciativa es.BIM) para que se comenzara a trabajar en la difusión de la metodología(Oliver Faubel, Inmaculada; Villoria, Paola; Fuentes-Giner, Begoña; Del Rio Merino, 2016). Dicha

estrategia, entre otras iniciativas, fomentaba el establecimiento de estándares, promovía el uso BIM en ámbito profesional y docente, y trataba de posicionar a España como referente a nivel mundial en el uso de BIM. En 2018, el uso BIM debería ser obligatorio para Licitaciones Públicas de Edificación y en 2019 en Infraestructuras.

A partir de finales de 2018, con el fin de dar un nuevo impulso al proceso de implantación BIM en España, el Consejo de Ministros aprobó, a través del Real Decreto 1515/2018, la creación de la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública. La Comisión fue constituida en abril de 2019. Desde ese momento, todos los proyectos nacionales de más de dos millones de euros y de financiación pública debían estar realizados en metodología BIM.

El Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, entre 2018 y 2019 aportó al sector 515.000 € en convenios de formación y ayudas para apoyar a distintos colegios profesionales y, a partir del 26 de julio de 2019, se exigió ejecutar en metodología BIM en todos los proyectos de infraestructuras de financiación pública.

Actualmente, la incorporación de la metodología BIM en España está contemplada, entre otros, en el Programa Nacional de Reformas del Reino de España 2019, en el Plan de Contratación Pública Ecológica de la Administración General del Estado, sus organismos autónomos y las entidades gestoras de la Seguridad Social, de febrero 2019, en la Estrategia Española de Economía Circular, de junio de 2020, o en la “Agenda Digital 2025, una agenda para la transformación digital de España”, de abril de 2020.

Cabe tener en cuenta que cualquier contratación pública debe cumplir la legislación vigente, pudiendo ser esta de rango estatal, autonómica y local. Por lo tanto, se establecen normas BIM por Comunidades Autónomas, siendo heterogéneo el grado de implementación BIM dentro de España. De todas formas, es cada vez más habitual encontrar pliegos de licitación que contemplan que los trabajos se desarrollen empleando metodología BIM. Por citar algunos de ellos, el mayor peso de las licitaciones con requisitos BIM recae sobre todo en las empresas públicas gestoras de infraestructuras como ADIF, AENA, Correos, Puertos

del Estado o Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana quienes han iniciado un proceso interno de implementación de BIM.

En el año 2019 Building Smart realiza el Estudio Macro de Adopción BIM España para analizar la situación del sector y el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agencia Urbana consta de un apartado Observatorio CBIM donde pueden verse los datos de la situación BIM desde 2017 hasta la actualidad. El objeto de esta tesis no es analizar en profundidad la evolución de los últimos años ni analizar Infraestructuras por lo que se ha decidido redactar algunos datos importantes de relevancia.

Los datos públicos del Ministerio muestran que en 2021 el número de licitaciones publicadas es de 194, más del doble que en 2017 (91) pero por debajo de 2019 (268). 2019 fue el año de mayores licitaciones en edificación y 2021 lo es para infraestructuras. La inversión acumulada es la mayor de los últimos años, 486 millones de euros. La comunidad que sigue destacando por encima de las demás es Catalunya, seguida de Andalucía, Madrid y Valencia. Las gráficas reflejan claramente la utilización de BIM en fase de diseño y construcción, pero es prácticamente nula en fases de mantenimiento.

Pese a que la utilización de BIM va en aumento, aún se observa con más frecuencia en las primeras etapas del ciclo de vida, en fases de diseño, en el resto de etapas apenas se realiza.

2.1.3 Repercusiones y procedimientos

2.1.3.1 Protocolos BIM

En primer lugar, es necesario explicar qué es un BIM Execution Plan (BEP), nombrado en ocasiones como Plan de Ejecución BIM (PEB). Es un documento muy valioso que tiene como propósito asegurar que los agentes que intervienen en un proyecto están cooperando y colaborando. El documento BEP es de carácter contractual y define la forma en la que se aplica la metodología BIM en un proyecto concreto, es decir, define usos y objetivos BIM,

procesos, selección de softwares, protocolos de intercambio de información, infraestructura necesaria y roles/responsabilidades de los distintos agentes que participan en el proceso.

La definición de Usos y Objetivos es necesaria para el correcto flujo de trabajo, ya que los criterios de modelado pueden variar dependiendo del fin para el que se utilice dicho modelo. La Figura 11 muestra un ejemplo de definición de Usos BIM en las distintas fases de un proyecto. Una vez definidos los Usos y objetivos, el BEP especifica el cómo y cuándo llevarlos a cabo, mediante hitos y métricas.

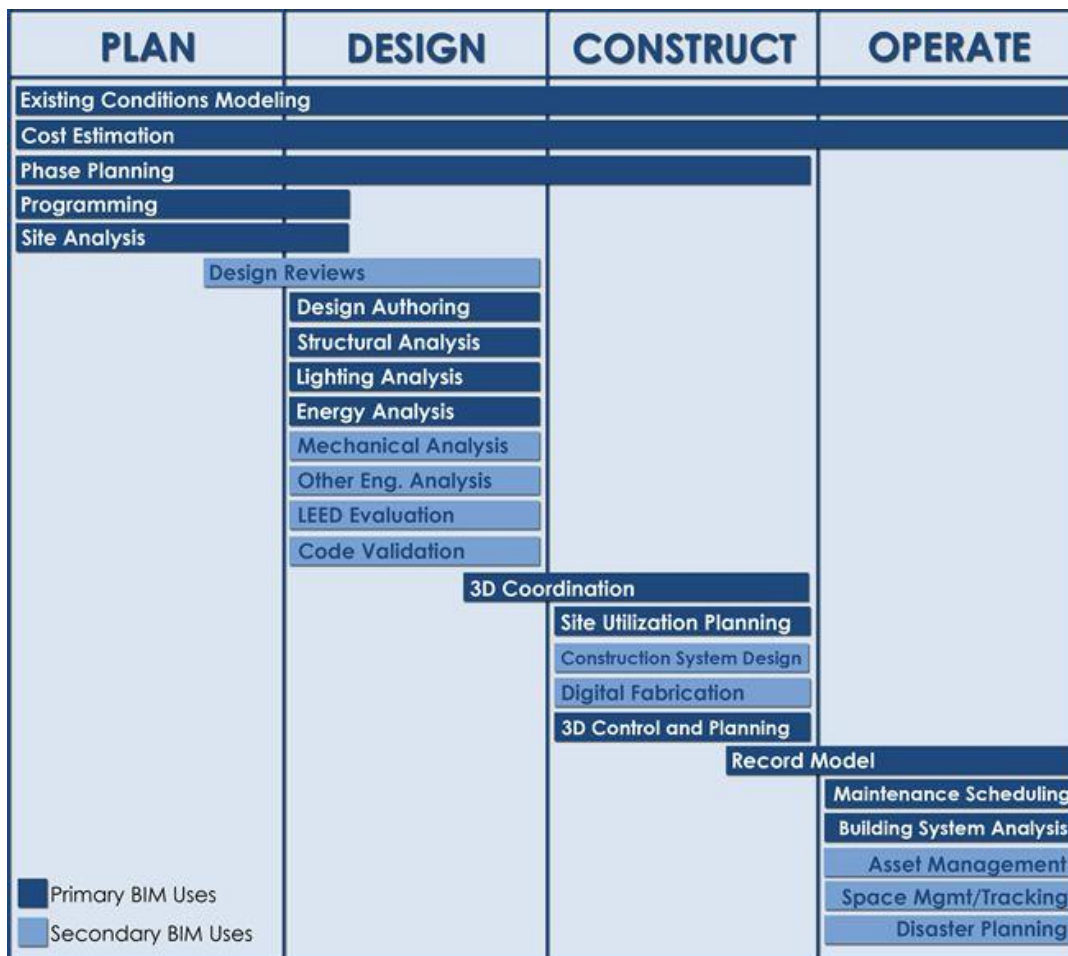
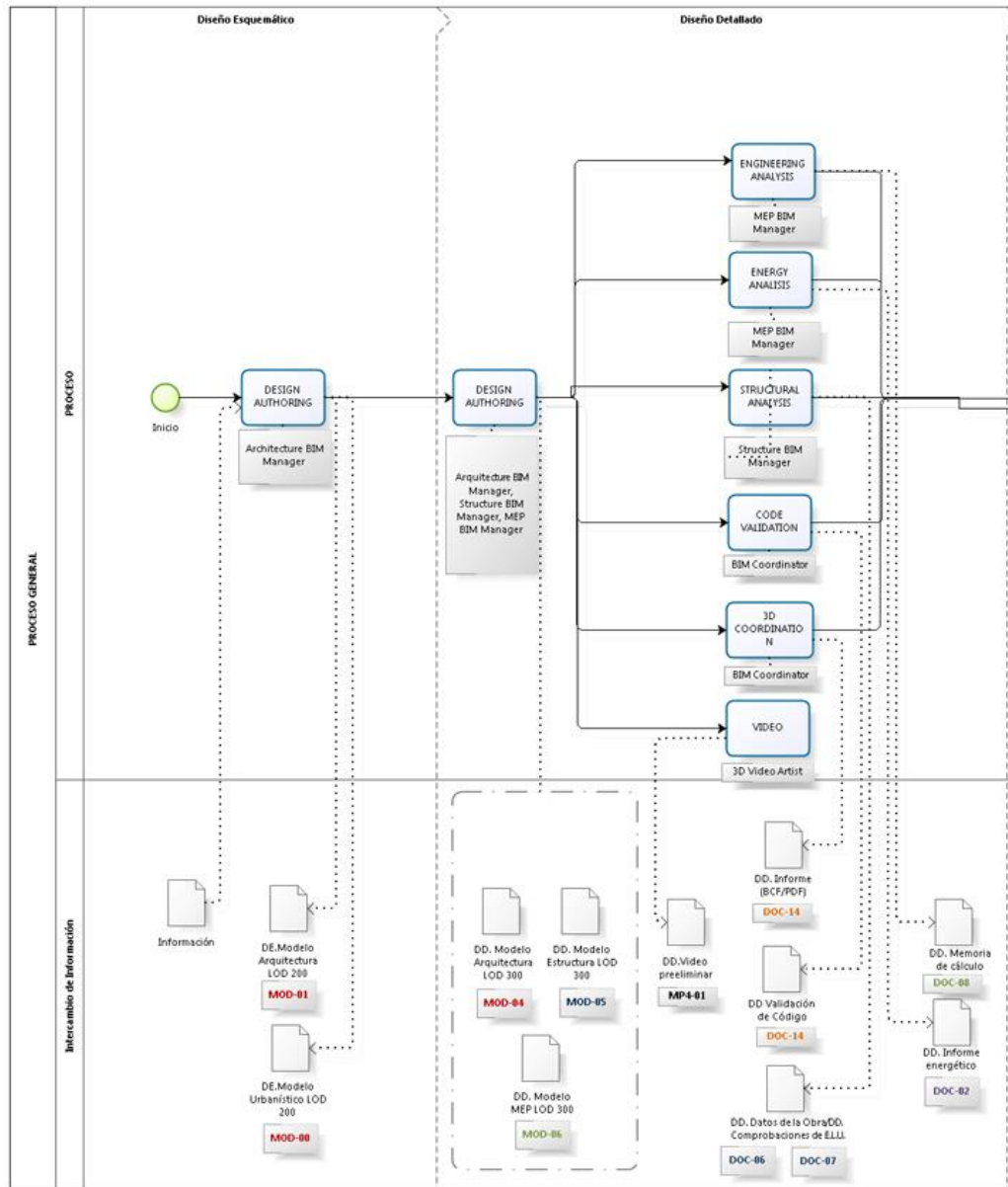


Figura 11. Usos BIM. Fuente: editeca.com

La definición de procesos es fundamental en la definición del BEP, ya que asegurará la correcta coordinación de los modelos y las personas que los llevan a cabo desde el inicio hasta la finalización. En los procesos se definen los flujos de información de los entregables, su codificación y versión de software, el responsable y la etapa del proyecto, tal y como muestra la Figura 12.



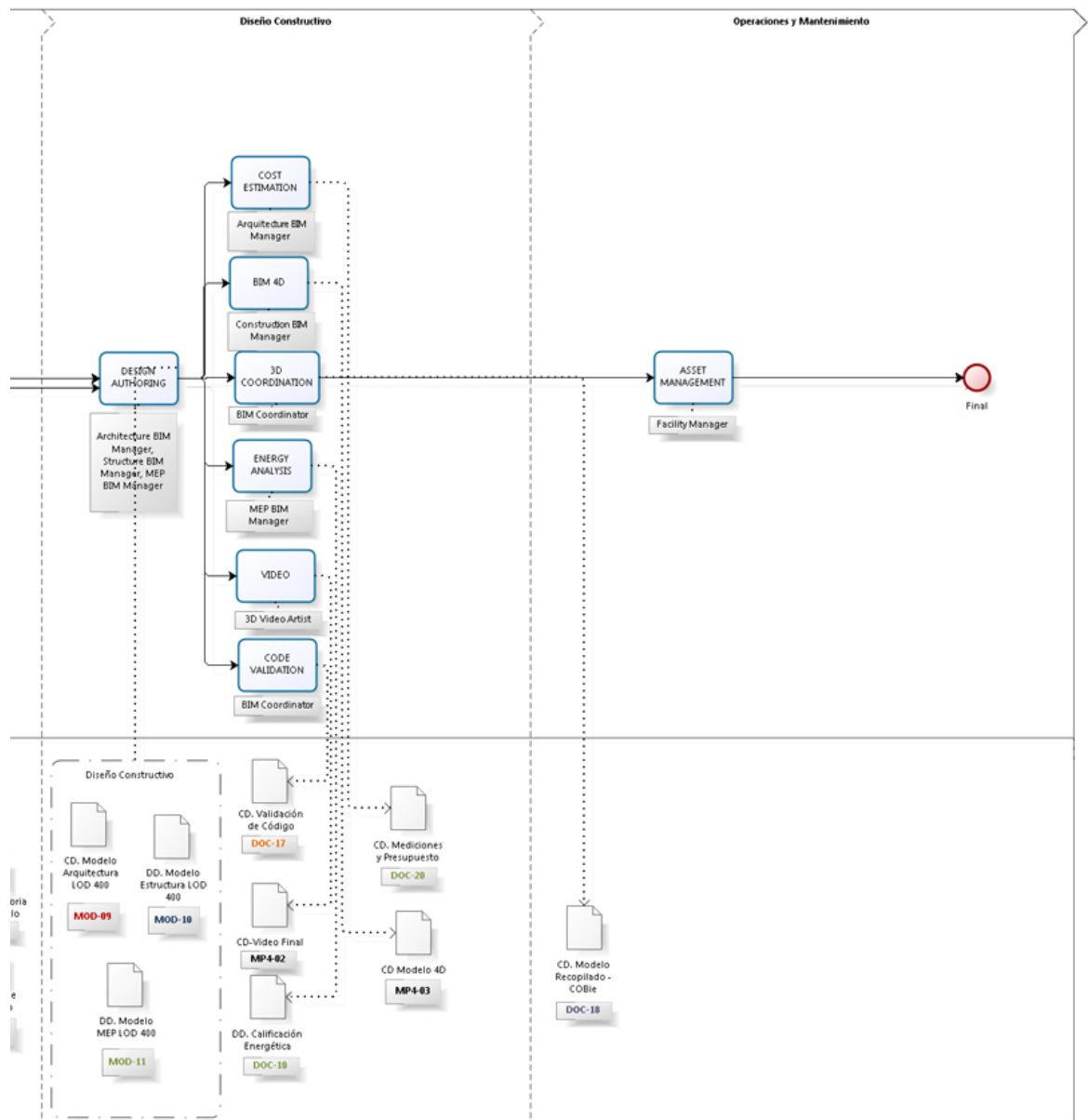


Figura 12. Flujos de entregables BIM. Fuente: ingenieraiyconstruccion929

Lo que se ha mencionado hasta ahora, es referido a la gestión que define el BEP de todo lo que tiene que ver con el proyecto, sin embargo, ¿cómo se organiza un mismo equipo de trabajo o empresa para poder intervenir en un proyecto de tales características? es necesario disponer de un Libro de Estilo. El Libro de Estilo es un documento particular de una empresa y no tiene el carácter contractual que sí tiene el BEP. La principal diferencia es que el BEP se define para un proyecto y el Libro de Estilo para la empresa. En dicho documento se definen los estándares necesarios que se deben llevar a cabo para la correcta coordinación de los

modelos a nivel interno: criterios de modelado, nomenclaturas, codificaciones, organización de carpetas y softwares, etc. Un ejemplo de los estándares marcados en el Libro de Estilo puede observarse en la Figura 13. Es un documento vivo, ya que se va modificando y actualizando para favorecer los procesos de la empresa en cuestión.

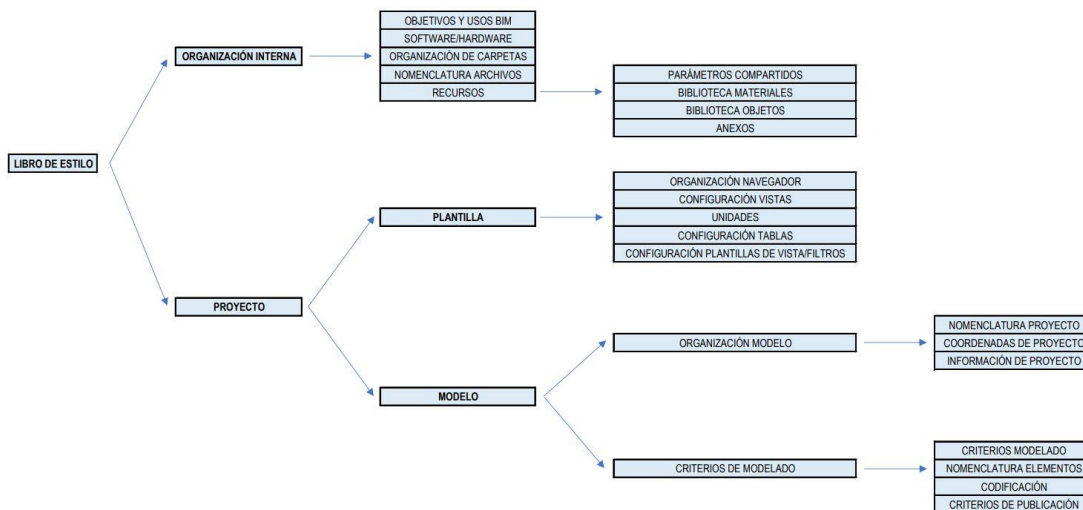


Figura 13. Esquema especificaciones Libro de Estilo. Fuente: elaboración propia

Existen muchos vasos comunicantes entre un documento y otro, ya que cada empresa tiene su propio libro de estilo y en un proyecto colaborarán siguiendo el mismo BEP. La información de los distintos Libros de Estilo estará volcada en el BEP con las modificaciones acordadas por las distintas partes.

2.1.3.2 Interoperabilidad y Estándares BIM

Una vez aclarados los documentos que definen los protocolos de flujos de trabajo es necesario hablar de software. A nivel interno, es necesario estandarizar el modo en el que se trabaja para que las personas puedan colaborar de forma óptima, pero si lo miramos de nuevo de un modo más global, observando el proyecto completo y las distintas empresas involucradas es necesario plantearse cómo se relacionan también entre ellas. Pensemos en que una empresa puede tener unos estándares internos, y otra otros, pero sin unos estándares generalizados BIM no sería un flujo de trabajo eficiente, ya que, en un mismo

proyecto, rara vez interviene una única empresa. Si no nombran o codifican, por poner un ejemplo, a los elementos del modelo por igual, dificultosamente podrán entenderse y obtener un flujo de trabajo fluido entre ellas. Además, cada agente involucrado en el ciclo de vida del proyecto, tanto en la misma fase como en una fase distinta, debe extraer e incorporar al modelo la información que necesite y habitualmente no trabajan en el mismo software, requieren de software específico para llevar a cabo su trabajo. Se detallan, a continuación, algunos de los estándares y sistemas de clasificación más usuales utilizados actualmente en el entorno AEC.

En 1994, en EEUU, se funda la International Alliance of Interoperability (IAI), más adelante reconvertida en BuildingSMART, con el objetivo de crear estándares de software y poder lograr interoperabilidad. Para dar cabida a la interrelación de softwares BIM, Figura 14, generan el primer estándar de intercambio el Industry Foundation CLasses (IFC) (Ambrose, 2007)(Felipe Choclán Gámez, Manuel Soler Severino, 2014). En 2008, BuildingSmart Finlandia publica la serie Common BIM Requirements (COBIM) con el objeto de tratar los requerimientos BIM para proyectos tanto de nueva construcción y renovaciones. Singapur, en el año 2012, publica la Guía BIM a través de la Building and Construction Authority (BCA), Autoridad de Edificación y Construcción. El mismo año, se funda el capítulo para España de la BuildingSmart: BuildingSmart Spanish Chapter. La AIA, en 2013, elabora la guía BIM GS202 y sigue siendo referencia mundial a día de hoy. En 2015 aparece el estándar PAS 1192, generado por el British Standards Institution (BSI). El BS 1192, es generado también por BSI y dirigido por el sector AEC para la creación de normas que conforman el PAS 1192. También en 2015 surge el estándar ISO 12006 como norma internacional enfocada a estructurar la información BIM y a la creación de diccionarios. En este marco, los británicos desarrollan un sistema de clasificación de elementos llamado Uniclass y los americanos crean Omniclass, ambos dentro del estándar ISO 12006. Sin embargo, en nuestro contexto cultural, en España, el uso de estos sistemas de clasificación no encaja con el modo en el que trabajamos, por ello aparece el sistema de clasificación Gubimclass, un sistema creado por el Grupo de Usuarios BIM de Catalunya (Gubimcat). En 2019, nace la ISO 19650, como adaptación de los estándares británicos PAS 1192 en la que se define la gestión de información a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio. Actualmente, en España, se trabaja con lo que marca el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana a través de es.BIM, la adaptación de la ISO 19650 y

las guías uBIM de BuildingSMART Spanish Chapter, que son la adaptación del COBIM finlandés. En Cataluña, Infraestructures.cat dispone de su Guía BIM para la gestión de proyectos y obras.



Figura 14. Mapa software BIM. Fuente: esdim.com

2.1.3.3 Softwares y Open BIM

Existen distintos softwares para las distintas necesidades del proyecto. Algunos ejemplos de software de modelado pueden observarse en la Tabla 1 y softwares para otras dimensiones BIM u otros usos en la Tabla 2 (Oliver Faubel, Inmaculada; Villoria, Paola; Fuentes-Giner, Begoña; Del Rio Merino, 2016)(Gea, 2018).

Tabla 1. Software de modelado. Fuente: elaboración propia

| Fabricante | Software de modelado | | |
|-------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | Modelado arquitectura (3D) | Modelado estructura (3D) | Modelado instalaciones (3D) |
| Autodesk® | Revit® | Revit® Structure Robot | Revit® MEP |
| Graphisoft® | ArchiCAD® | | MEP modeler |
| Trimble® | | Revit® Structures | |
| Nemetschek | Allplan | | |
| Cype | | CypeCAD | Cypecad MEP |
| Nemetschek | Vectorworks® | | |

| | | | |
|---------------------|-----------|--|--|
| Bentley® Systems | Aecosim | | |
| ACCA® Software | Edificius | | |

Tabla 2. Software otros usos. Fuente: elaboración propia

| Fabricante | Software otros usos | | | | | |
|---------------------|-----------------------|-------------------------------|---|-------------------------------------|---|--|
| | Planificación (4D) | Costes (5D) | Sostenibilidad (6D) | Mantenimiento (7D) | Gestión y coordinación de modelos | Visores |
| Autodesk® | Navisworks® Manage | Navisworks® Manage | Autodesk® Building Energy Performance | BIM 360® Ops | Navisworks® Manage | A360 |
| Bentley® Systems | Navigator | ConstructiSim | AECOSim Energy Simulator | AssetWise Bentley® Facilities | | Bentley® View Navigator |
| Nemetschek | | Nevaris | EcoDesigner STAR | ArchiFM | | |
| Trimble® | Vico Office | Vico Cost Planner/Explorer | Sefaira | Tekla® BIM Sight | Tekla® BIMsight | Tekla® BIMsight |
| Solibri | | | | | Solibri | Solibri Moder Checker/Vi ewer |
| BIMvision® | | | | | | BIMvision |
| Synchro | Shyncro Pro | | | | | |
| Graphisoft® | | | Ecodesigner | | | |
| Archibus® | | | | Archibus® | | |
| EcoDomus | | | | EcoDomus | | |

En el apartado anterior se ha hablado de estándares de intercambio, sistemas de clasificación, guías etc. Pero no es solo cuestión de ‘entenderse’ dando cabida al intercambio de información. Centrándonos ahora en los estándares de intercambio, cada software pertenece a un fabricante, lo cual tiene intereses y, por consiguiente, limitaciones a la hora de comunicarse entre ellos.

Por poner un ejemplo, estamos habituados a usar el Formato de Documento Portátil (PDF) para visualizar documentos electrónicos independientemente del software en el que fue creado, hardware o sistema operativo donde lo visualizamos. De esta forma, no es

necesario que tengamos, en nuestros ordenadores, el software nativo. Lo mismo ocurre con softwares BIM y, es por esta razón que nace el concepto OpenBIM, basado en gestionar modelos en formatos abiertos con un lenguaje común. Además, el formato IFC no es editable, de la misma forma que ocurre con los libros. Por ejemplo, podemos comprar un libro en formato PDF para leerlo en nuestra tableta y no tendremos la necesidad de comprar el software en el que se creó. De la misma forma que no podemos editar el archivo, ya que estaríamos corrompiendo el trabajo del escritor. Esta afirmación lleva habitualmente a discusión ya que, muchos procesos se agilizarían en caso de IFC editables. Es por ello que muchas plataformas permiten la edición de datos, habitualmente permitiendo añadir información, nunca editando la existente.

Existen distintas aplicaciones que ofrecen este formato de intercambio, el ya mencionado formato IFC, BIM Collaboration Format (BCF), Construction Operations Building Information Exchange (COBie), etc. Son formatos que permiten un intercambio estándar de información entre distintas aplicaciones BIM. También permiten acceder a los modelos sin utilizar softwares nativos de fabricantes concretos, lo cual facilita las tareas de coordinación entre los distintos agentes de las distintas disciplinas que intervienen en el proceso. Además, estos formatos garantizan que las administraciones públicas sean neutrales en el uso de las distintas tecnologías.

El más extendido es el formato IFC. Como ya se ha mencionado, fue creado por BuildingSMART y está definido en la norma ISO. El cual, ha ido modificando sus versiones para adaptarse a las necesidades, sin embargo, no es perfecto, puede haber pérdidas de información en dicho intercambio. Por ello, es importante establecer protocolos y que exista una correcta gestión humana en dichos procesos de intercambio.

2.1.3.4 Madurez BIM

Para medir el grado de madurez BIM, la normativa internacional PAS 1192 introduce el triángulo de Bew-Richards, 4 niveles para definir el grado de colaboración e interoperabilidad alcanzado en el sector AEC (*De 0 a 3 ¿Qué son los niveles de madurez BIM?, n.d.*).

- L0: Colaboración baja, trabajo en 2D en sistemas CAD, documentación en papel.
- L1: Colaboración parcial, trabajo 2D/3D en sistemas CAD, documentación digital.
- L2: Colaboración completa, 3D en modelos y objetos BIM, documentación digital.
- L3: Integración completa, 3D en Open BIM (único modelo interoperable), documentación digital, interoperabilidad en la nube.

Tal y como muestra la Figura 15, el Nivel 0 prácticamente no comprende cooperación entre agentes. En este nivel, los técnicos intercambian diferentes archivos o documentos en papel no interoperables. El nivel 1 contiene transición de datos CAD a 2D y 3D, los archivos no son distribuidos entre agentes, pero sí hay un modelado BIM estandarizado y organizado entre miembros del equipo, exista modelo compartido o no. En el Nivel 2, los datos sí son compartidos entre los distintos agentes involucrados y se trabaja en modo colaborativo, aunque existe libertad para utilizar modelos distintos a través del intercambio de datos IFC. Es decir, se trabaja de forma coordinada pero cada uno sobre su propio modelo, con el fin de obtener un modelo federado común. Además, en este nivel, se introducen conceptos relacionados con la gestión como el tiempo (dimensión 4D) y costes (dimensión 5D). El Nivel 3 comprende la integración BIM completa con el uso de un único modelo común en la nube, el IFC. El modelo es accesible y modificable para todos los involucrados.

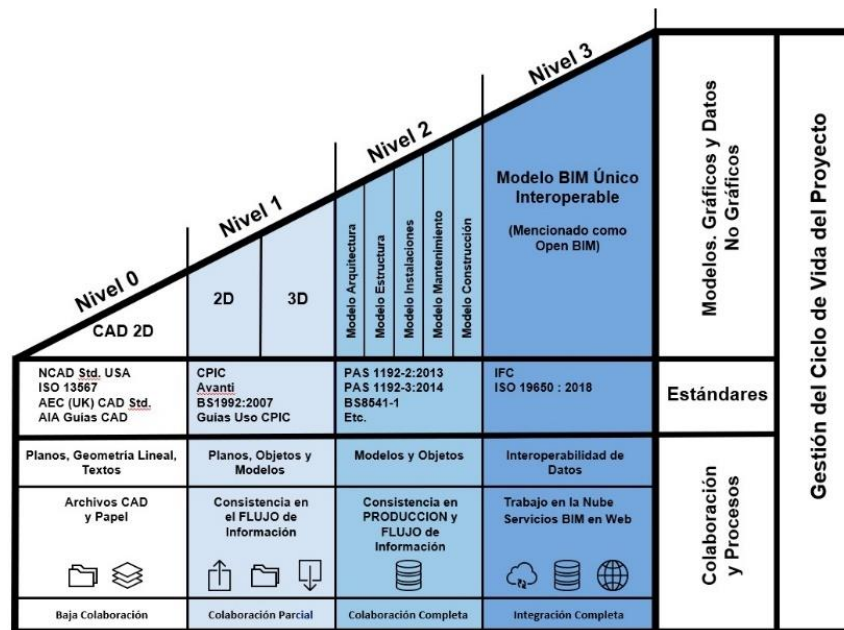


Figura 15. Madurez BIM. Fuente: bimenmexico.blogspot.com

Aunque la meta es llegar a Nivel 3, actualmente, aún estamos lejos de ello. La mayoría de proyectos realizados hoy en día se sitúan en Nivel 1 y algunos de ellos consiguen llegar a Nivel 2.

Más tarde, al llegar la ISO 19650 se actualiza el concepto de Madurez BIM en 3 etapas. El esquema es una matriz legible de izquierda a derecha y de abajo a arriba. La doble lectura proporciona seguir el crecimiento de los beneficios de la digitalización de los procesos y de la colaboración entre profesionales.

2.1.3.5 Roles BIM, BIM Project Manager

Dicha organización de estándares, normativas, protocolos y flujos, tanto internos a la empresa, como los referidos al proyecto global y sus agentes, requiere de perfiles competentes en BIM que sean capaces de definir y gestionar los flujos y, de esta forma, asumir los roles BIM necesarios. En el momento que existe BIM, aparecen roles nuevos y, por lo tanto, perfiles nuevos en el modo de trabajo diario. Los roles BIM son referidos a funciones y responsabilidades, no a cargos, en ocasiones un perfil asume varios roles, por poner un ejemplo.

Aunque en ocasiones los perfiles BIM se nombran de distintas maneras según el proyecto o tamaño de empresa, se especifican algunos de ellos de forma simplificada para que sea comprensible de forma ágil y no confundir al lector. El modelador BIM, en ocasiones llamado especialista BIM, es el encargado de realizar el modelado, crear contenido necesario para el mismo, y la obtención de planos. No se debe confundir modelador con lo que, en el flujo de trabajo tradicional llamábamos delineante. un delineante se dedicaba a delinear los planos que otras personas del despacho definían, por lo que no tenía responsabilidades. Un modelador BIM debe tener conocimientos de construcción (entre otras cosas) y además tiene responsabilidades. Al contrario de lo que ocurría, en los flujos de trabajo con BIM, un arquitecto o Arquitecto Técnico, pueden tener el rol de modelador, por poner un ejemplo. El coordinador BIM es el responsable del trabajo colaborativo dentro de una empresa y es el responsable de la coordinación y auditoría de modelos. El experto BIM, es el máximo responsable BIM dentro de la empresa. Además de lo anterior, tiene conocimientos

suficientes como para intervenir en la elaboración del BEP, definir los estándares BIM en el libro de estilo y encargarse de la formación BIM interna. En ocasiones, el coordinador y el especialista son la misma persona, debido a que puede no ser necesario que haya tantos perfiles BIM según el proyecto y/o empresa. Tal y como muestra la Figura 16, El BIM Manager (BM), además de lo anterior, es la persona encargada de gestionar a los distintos expertos BIM de distintas empresas y está capacitado para organizar y gestionar una implantación BIM. Como se ha mencionado, se ha tratado de simplificar para facilitar la lectura, un rol puede ser realizado por más de un miembro del equipo y un miembro del equipo asumir más de un rol (Gámez et al., 2018).



Figura 16. Perfiles de competencias BIM. Fuente: elaboración propia

Las principales funciones de un BM son: definición de objetivos BIM, definición de procesos y flujos de trabajo, coordinar modelos y a las personas involucradas en los mismos, supervisar seguimiento BIM del proyecto. Sus habilidades principales: liderazgo, capacidad de resolución de problemas, organización, proactividad. Analizando las funciones más relevantes del PM, destacan: definir objetivos, especificar la calidad de los entregables, desarrollar planes y procesos para los proyectos, dirigir y motivar al equipo, gestionar problemas, monitorizar riesgos. Sus principales habilidades son: liderazgo, trabajo en equipo, organización, comunicación, capacidad de gestión, orientación de objetivos y métricas.

La relación entre ambos perfiles es evidente, el PM debe conocer las implicaciones de la metodología BIM y el BM asistir al PM en cuanto a los procesos BIM que se estén llevando a

cabo y las problemáticas que puedan surgir. Ambos perfiles, por lo tanto, están completamente ligados en las distintas fases de un proyecto (Namlı et al., 2019)(Jadhav et al., 2017; Kocakaya et al., 2019).

Las funciones y habilidades de ambos perfiles son similares, al igual que las responsabilidades. Como es lógico, ya ha aparecido el perfil BIM Project Manager (BPM) para dar respuesta a la dirección de proyectos con metodología BIM.

2.1.3.6 Qué implica una implementación BIM

En primer lugar, la RAE define implantación como ‘plantar, encajar, injertar’, ‘establecer y poner en ejecución nuevas doctrinas, instituciones, prácticas o costumbres’. Cuando se refiere a implementación, la define como ‘poner en funcionamiento o aplicar métodos, medidas, etc., para llevar algo a cabo’. Habitualmente, el término implantar se asocia a aplicar un nuevo sistema de trabajo con nuevos procedimientos fijados previamente e implementar a la aplicación de normas o métodos en un sistema de gestión existente. En muchas ocasiones se utiliza también el término implantar como introducir algo que no existía e imponerlo. Aunque se usan indistintamente porque son términos similares y hay distintas opiniones, cuando hablamos de incluir tecnología BIM, no es tanto poner en ejecución nuevas doctrinas o encajarlas en la manera de trabajar existente sino en buscar métodos que lo faciliten. En el caso concreto de las universidades, además, hablar de métodos tiene más relación con la enseñanza y el aprendizaje. Entonces, es importante mencionar que quizá sería más adecuado hablar de implementación y, es por ello que, aunque ambos términos se usan indistintamente a lo largo del documento, el más utilizado es implementación.

Existen distintos procesos para realizar una implementación BIM en una empresa, aunque la base es habitualmente similar. No hay que olvidar la diferencia entre integrar herramientas informáticas, las cuales son herramientas facilitadoras de trabajo, pero no cambian los procesos de la empresa y, lo que implica una implantación BIM, un cambio metodológico en el que los procesos de trabajo sí cambian e incluso los roles que adquiere cada uno de los integrantes en el proyecto. El proceso es más importante que la tecnología,

por lo que, como base, una implantación BIM debe realizarse desde un enfoque socio-tecnológico (Eadie et al., 2013).

Es importante mencionar el concepto que introdujo Finith E. Jernigan en 2007, la diferencia de realizar un proceso de implantación de metodología BIM interno a la empresa, llamado 'little bim' y el referido a abarcar a todos los participantes que integran el proyecto, 'BIG BIM' (Basurto, n.d.; Jernigan, 2007).

Centrándonos en el caso del proceso interno de una empresa y, a modo de resumen, existen distintas fases en el proceso de implantación, habitualmente llevado a cabo por expertos externos que ayudan a la empresa durante dicho proceso, o bien, la empresa cuenta con una persona capacitada para realizar dicho proceso. En cualquier caso, primero se realiza un análisis estudiando detalladamente cómo trabaja la empresa: tipo de proyectos, flujo de trabajo interno y externo etc. Se definen unos objetivos y se prepara un cronograma de implantación en el que se establece un protocolo que debieran seguir.

Se realiza un plan de formación para el equipo humano, estudiando cada caso o cada equipo, no todos deberán saber lo mismo ni tendrán los mismos roles. Unos estarán más especializados en una cosa y otros en otra. A parte, algunos de ellos deberán coger roles de mayor o menor responsabilidad en cuanto a la organización BIM, ya que el objetivo de la implantación es que la empresa funcione por sí misma una vez la consultoría que realiza la implantación (en caso de que se haga de forma externa) deje de realizar el seguimiento. Tras la formación o durante la misma, se escoge un proyecto piloto (real) en el que todo el equipo está involucrado realizándolo directamente en esta metodología y se define un BEP que los miembros del equipo deberán ir consultando y modificando.

Habitualmente, se comienza realizando un proyecto básico y seguidamente un ejecutivo. En pocos meses, si los procesos se han realizado de forma ordenada y correcta, la empresa no vuelve a trabajar con sistemas tradicionales.

Sin embargo, no es tan sencillo. Como ya se ha mencionado, no es un cambio únicamente tecnológico como ocurría al introducir CAD en los despachos, sino también metodológico.

Dicho cambio en el modo de trabajar supone un cambio de mentalidad y viceversa. Normalmente, las empresas que deciden dar el salto a BIM, deciden hacerlo por actualizarse, o por ser más competitivos, pero no son conscientes exactamente de hacia dónde los va a llevar, tanto en cuanto a las mejoras, como a las dificultades que les supondrá. Lo cual supone, en cierta forma, que deben tener ‘fe ciega’ en las personas capacitadas que van a darles soporte durante el cambio.

Una empresa depende de su producción y, aunque esté convencida de realizar este cambio metodológico, debe ser consciente de que este proceso es una gran inversión de tiempo y económica. En primer lugar, se debe realizar una inversión en el software y probablemente también en el hardware. Por otro lado, tanto si se realiza internamente con una persona capacitada como si se realiza a través de una consultoría, tiene un coste, bien por la necesidad de formar a la persona interna o bien por contratar el servicio de consultoría. Por último, es un proceso en el que los primeros meses la producción puede ser más lenta, debido al proceso de aprendizaje paralelo que la empresa está llevando a cabo, lo que se traduce en inversión de tiempo del personal. Lo cual se traduce, a su vez, en inversión económica.

También es necesario que todo el equipo esté involucrado en el proceso y lo hagan de forma simultánea. Esto no quiere decir que todos deban formarse de igual forma ni en los mismos conceptos, pero sí que vayan en paralelo y no acabe existiendo una parte de la producción con equipo BIM y otra con CAD, ya que esto supondría mayor inversión económica (habitualmente) y una falta de coordinación importante.

Aunque se ha explicado de forma muy resumida, las empresas que no se conciencian en alguno de los puntos anteriores, suelen fracasar en el intento.

2.1.3.7 Complicaciones de implantación en España

Como confirman muchos autores, experiencias de la autora y diversos compañeros, el principal fallo, a la hora de realizar una implementación BIM en empresa es basarse únicamente en la tecnología y los procesos tecnológicos. Olvidando la parte metodológica y

sociológica, las personas que deben asumir el cambio de funcionamiento tienen que cambiar de mentalidad al llevar a cabo el trabajo habitual (Oliver Faubel, Inmaculada; Villoria, Paola; Fuentes-Giner, Begoña; Del Rio Merino, 2016)(Jurado Egea, 2016)(Moreno Bazán et al., 2018). No es viable trabajar con metodología BIM sin modificar todos, o prácticamente todos, los procesos y flujos llevados a cabo de forma tradicional.

La mayoría de ocasiones esto es debido al desconocimiento, a pensar que BIM es tecnología y, otras veces, por ‘falta de fe’ en los expertos. En muchas ocasiones los responsables de las empresas envían a un empleado a formarse en un curso básico de modelado con la idea de que posteriormente será capaz de realizar una implantación BIM en la empresa o bien se contrata a una persona con escasos conocimientos, lo cual, es una inversión económica menor. Por poner un ejemplo, la capacitación de un alumno que realiza un curso de 20 horas comparada con la capacitación de un máster de 1 año de duración, o un profesional con 10 años de experiencia en trabajo BIM, evidentemente no es comparable. Tanto si los expertos son autodidactas con gran experiencia, como si han realizado un postgrado o master en gestión BIM (hasta hace unos años no existían este tipo de formaciones), es importante que sea valorado. Para las empresas es más barato contratar al primero y, además, en muchas ocasiones, desconocen la diferencia entre ambos perfiles. Lo cual demuestra el desconocimiento generalizado, ya que los cursos cortos están centrados en aprender software y cuentan con muy pocas horas de formación, por lo que no hay tiempo de aprender flujos de trabajo, interoperabilidad, o el funcionamiento de la gestión BIM.

También ocurre, que los cargos más altos de las empresas, habitualmente se dedican a temas de gestión, de marketing, etc. y no se encargan de llevar a cabo los proyectos. Por esa razón, cuando pretenden dar el salto a BIM, deciden formar al equipo, pero no a sí mismos. Como ya se ha mencionado, la persona responsable de la empresa, quizá no deba aprender procesos de modelado, ni de producción de planos o estándares. Pero sí debe aprender, de forma rotunda, los principales conceptos y el funcionamiento de los flujos de trabajo que supone la metodología BIM. Por experiencia de la autora, si estas personas quieren realmente involucrarse, es posible ayudarles a comprenderlo en sesiones muy cortas, lo que facilitaría mucho sus decisiones. Por ejemplo, si la persona encargada de distribuir el trabajo

en un despacho, no es consciente del tiempo que supone realizar una tarea, o de los criterios que se deben llevar a cabo, dificultosamente será capaz de distribuir de forma correcta el trabajo entre los miembros del equipo. Con BIM el tiempo invertido en las diferentes tareas cambia, unas se ralentizan para agilizar otras, por lo que es necesario que los responsables sean conscientes de ello, no es posible delegar tareas BIM de forma tradicional. Está demostrado que una implementación llevada a cabo de esta forma no funciona y se debe concienciar de ello a las personas implicadas.

Como se ha detallado en el apartado anterior, el cambio a BIM supone una importante inversión económica que, aunque posteriormente sea beneficiosa, no se debe obviar. En ocasiones, se pretende realizar el cambio sin dicha inversión o se abarata por alguna de las partes. Tampoco se debe obviar el tiempo necesario para formarse y coger práctica en los nuevos procesos BIM, el proceso de aprendizaje necesita un tiempo concreto. Por ejemplo, se intenta realizar el cambio demasiado rápido o no se cuenta con perfiles bien formados en plantilla por abaratar el proceso, se puede llegar a una pérdida económica mayor ya que, si no se implementa de la manera correcta, no dará resultado y, por lo tanto, la inversión habrá sido en vano.

Cuando llega el fracaso, en ocasiones, lleva a pensar a las empresas que es el software que debe evolucionar. Desde nuestro punto de vista, a parte de otros de menor calado, son los puntos que se han mencionado en este apartado la base del problema. Este hecho se demuestra con la afirmación de distintos autores y experiencias propias, de que las empresas que sí han sido capaces de cumplir los puntos mencionados, siguen trabajando en metodología BIM a día de hoy y no prevén volver a métodos tradicionales.

2.2 PLAN DE ESTUDIOS

Debido a que se analizan las dificultades encontradas en la incorporación de metodología BIM en los planes de estudio de la ETSALS, este capítulo narra en qué consisten los estudios de Arquitectura Superior (AS) y Arquitectura Técnica o Edificación (AT) según la normativa española, la evolución en la estructura de dichos grados en la ETSALS y las afectaciones que sufre actualmente que interfieren directamente con la implementación BIM en los grados.

2.2.1 Estudios de Arquitectura y Arquitectura Técnica/ Edificación

Los estudios de AS y AT pertenecen a la misma área de conocimiento. La mayoría de disciplinas son comunes a ambas, sin embargo, las materias son distintas. Las disciplinas habituales por las que se rigen los planes de estudio de AS y AT son las siguientes:

- Historia/humanidades
- Diseño
- Expresión gráfica/Representación/Visualización
- Técnica
- Gestión
- Construcción
- Urbanismo/Planeamiento
- Estructuras
- Instalaciones

2.2.1.1 *La llegada de Bolonia*

Bolonia (1999) supuso un gran cambio en la educación universitaria. En este nuevo modelo de aprendizaje se desdibuja la idea de que el docente enseña al alumno, el docente se convierte en guía del proceso y el alumno universitario es el eje, el centro de un modelo

basado en el autoaprendizaje. Este cambio de paradigma supuso, por un lado, la redefinición de los tres objetivos fundamentales en las universidades: la competitividad a nivel internacional, la empleabilidad centrandolo el aprendizaje en el futuro profesional y la movilidad de estudiantes y docentes.

Por otro lado, el aprendizaje de los grados universitarios se orientó a la adquisición de competencias que, de forma global, podríamos resumir como capacitar al alumno en un buen desempeño en contextos complejos y que fueran capaces de integrar y activar los conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes y valores identificados en las materias de estudio. En este sentido, y aunque existen muchas variantes, de forma genérica podemos afirmar que la comunidad universitaria, desde el punto de vista didáctico, estructura las competencias en torno a tres grupos (Peña Camarillas, n.d.)(Navarro Delgado & Fonseca Escudero, 2017):

- Básicas: capacidades básicas, aquellas que requiere el individuo para desempeñarse en cualquier actividad productiva. Este tipo de competencias es común en toda enseñanza universitaria y previa.
- Genéricas o transversales: habilidades para analizar y evaluar información, trabajar en equipo, planificar y gestionar tareas, capacidad de toma de decisiones etc. Es decir, habilidades asociadas al desarrollo de áreas ocupacionales. Éstas son comunes en todos los grados universitarios ya que son necesarias para ejercer cualquier profesión de forma eficaz.
- Específicas: son las asociadas a conocimientos y habilidades técnicas y específicas. Éstas son distintas en todas las titulaciones ya que son específicas de cada temática concreta.

Una vez definidas, se concretan los resultados de aprendizaje acercando así el ámbito académico al ámbito laboral. Se definen las atribuciones de cada perfil profesional para identificar las competencias y este es el punto de partida en el proceso de diseño de titulaciones basadas en el plan Bolonia. En ocasiones, estas atribuciones ya están definidas en la legislación que regula cada profesión. Tal y como mencionan estudios previos (González-Ponce et al., 2016), hay casos en los que se produce un solapamiento de

atribuciones entre diferentes sectores profesionales que dificulta definir un perfil específico para su formación. Sin embargo, hay que considerar que las actividades profesionales cambian continuamente.

Los grados relacionados con arquitectura y edificación tienen una gran componente visual y geométrica, lo que hace que sea un marco idóneo para el uso de las nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) y obtener un mayor desarrollo en las competencias, tanto transversales como específicas (Simon et al., 2019).

2.2.2 Estudios de Arquitectura y Arq. Técnica/Edificación ETSALS

La ETSALS es una escuela privada situada en La Salle Campus Barcelona y perteneciente a la URL. La Salle (LS) hoy en día está formada por 65 centros universitarios, más de 1000 escuelas y abarca 80 países. En las instalaciones de Barcelona se ofrecen 13 grados, 12 másteres oficiales, 37 masters propios, 47 postgrados y doctorado. Actualmente tiene, en activo, 6 grupos de investigación reconocidos por la Generalitat de Catalunya. Es un campus que, para mejorar la transferencia de conocimiento, siempre ha apostado por la tecnología y la innovación.

2.2.2.1 Áreas de conocimiento

Como ya se ha mencionado anteriormente, ambos estudios pertenecen a la misma área de conocimiento y la mayoría de las disciplinas son comunes. Habitualmente, las universidades ofrecen planes de estudio independientes, con materias distintas entre ambos estudios. Sin embargo, la ETSALS ofrece un plan de estudios en el que muchas de las materias son comunes. Primer y segundo curso es común y, a partir de tercer curso, ambos estudios van separando las materias de carácter obligatorio. Aún y todo, el alumno tiene la posibilidad de escoger como materias optativas las obligatorias de los estudios que no está cursando. Lo que hace que ambos estudios mantengan su carácter independiente y especialidad, pero

se fomenta el trabajo multidisciplinar entre ambos estudios y, además, el alumno tiene la posibilidad de realizar ambos estudios en menor tiempo por la facilidad de convalidación.

2.2.2.2 Planes de estudio

Desde el año en el que abrió la ETSALS, los planes de estudio de AS y AT han sufrido cambios importantes en su estructura desde entonces. Cronológicamente, tal y como se muestra en la Figura 17:

| | | | | |
|-------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 1997 | Licenciatura 360 ECTS | AS | Diplomatura 240 ECTS | AT |
| 2002 | | AS (actualización) | | AT (actualización) |
| 2009 | Grado 360 ECTS | GA (bolonia) | Grado 240 ECTS | CTE (bolonia) |
| 2015 | Grado 300 ECTS | GEA (NH) | | GAE |
| 2017 | | GEA (+ PIC) | | GAE (+PIC) |
| 2022 | | GEA (nuevo) | | Extinción |

Figura 17. Planes de estudio ETSALS. Fuente: elaboración propia

- 1997: Se inaugura la ETSALS, ofreciendo la licenciatura de AS y la diplomatura de AT. AS consta de 360 créditos ECTS (Sistema Europeo de Transferencia de Créditos) divididos en 5 años y 1 año de Proyecto Final de Carrera (PFC), AT consta de 240 ECTS divididos en 3 años y 1 año de Trabajo Final de Carrera (TFC).
- 2002: Se actualizan los planes de estudio, manteniendo los nombres, créditos y los años de dedicación.
- 2009: Los planes de estudio se adaptan a Bolonia. Licenciatura y Diplomatura pasan a estructurarse como Grados. AS pasa a llamarse Grado en Arquitectura (GA) y mantiene el nivel de MECES (Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior) 3, con 360 ECTS en 5 años y 1 año de PFC. AT pasa a llamarse Ciencias y Tecnologías de la Edificación (CTE) y conserva 240 ECTS en 4 años.

- 2015: En 2015 se realizan cambios en las competencias de los planes de estudio. El GA pasa de MECES 3 a MECES 2 y, con ello, a llamarse Grado en Estudios de Arquitectura (GEA) y consta de 300 ECTS en 5 años. Este grado no es habilitante, por lo que, si un alumno desea habilitarse como arquitecto debe realizar el Máster Habilitante (MH) que corresponde a los 60 ECTS de PFC de planes de estudio anteriores. El grado en CTE pasa a llamarse Grado en Arquitectura Técnica y Edificación (GAE).
- 2017: Se añade la materia de Pensamiento y Creatividad (PiC) en todos los grados del campus.
- 2022: Está previsto el comienzo del nuevo plan de estudios para GEA, adaptado al nuevo modelo de escuela. GAE comenzará su extinción.

La distribución de asignaturas del plan de estudios actual (fechado en 2018) y su semestralidad, se observa en la Figura 18. El color verde muestra las asignaturas comunes a ambos grados, GEA y GAE, siendo el 1er curso común a ambos y la mitad de 2º y 3er curso también. El color azul muestra las asignaturas pertenecientes a GEA y las naranjas asignaturas de GAE. En verde oscuro se muestran las asignaturas optativas para ambos grados y, es necesario mencionar que, las asignaturas de un grado son optativas también para el otro, por lo que es un plan de estudios que conecta ambos grados de forma claramente visible. Se debe destacar que GAE se ofrece en idioma catalán/español y GEA en catalán/español e inglés.

| CURSO | ASIGNATURA | Semestralidad |
|-------|--|---------------|
| 1er | (AR005) Historia: introducción a la arquitectura | S1 |
| | (AR006) Construcción I: Materiales y técnicas | A |
| | (AR008) Expresión gráfica | A |
| | (AR004) Análisis arquitectónico | A |
| | (GAE01) Matemáticas | A |
| | (GAE02) Geometría descriptiva I | A |
| | (AR002) Física | S2 |
| | (GAN02) Herramientas informáticas I | A |
| | (PIC01) Pensamiento y creatividad I | A |
| CURSO | ASIGNATURA | Semestralidad |
| 2on | (AR012) Construcción II: Sistemas de cerramientos | A |
| | (GAE03) Expresión gráfica aplicada | S2 |
| | (AR011) Introducción a las estructuras | A |
| | (AR014) Física II. Instalaciones integradas | S1 |
| | (AR015) Herramientas informáticas II | A |
| | (AR016) Arquitectura del siglo XX | S2 |
| | (PIC02) Pensamiento y creatividad II | A |
| | (AS050) Sistemas de representació I | S1 |
| | (AS010) Fonaments de projectes | A |
| | (AT011) Equipos de obra, instalaciones y medios auxiliares | A |
| | (GEO02) Química y geología | S1 |
| | (GEO03) Empresa: agentes del proceso constructivo | S1 |
| | (GEO04) Legislación y normativa | S2 |
| CURSO | ASIGNATURA | Semestralidad |
| 3er | (AR046) Estructuras de acero y hormigón | A |
| | (AR045) Construcción III | A |
| | (GAE04) Instalaciones especiales y de servicio | A |
| | (AR044) Gestión urbanística | S2 |
| | (PIC03) Pensamiento y creatividad III | A |
| | (AS017) Projectes I | A |
| | (AS019) La pervivència de l'arquitectura moderna | S1 |
| | (AS052) Introducció a l'urbanisme | S1 |
| | (GA005) Sistemas de representació II | A |
| | (AS055) Mediciones | S1 |
| | (GA006) Planificación y Gestión | S1 |
| | (AR039) Idioma moderno | S1 |
| | (AR009) Topografía | S1 |
| | (AT010) Materiales: normativa y control | S1 |
| | (GEO14) Visitas de obra | A |
| | (GEO05) Detalles constructivos | S2 |

| CURSO | ASIGNATURA | Semestralidad |
|---------------------------------|---|----------------------------|
| 4rt | (AR039) Idioma moderno | S1 |
| | (AS021) Taller II | A |
| | (AS023) Projectes II | A |
| | (GA008) Urbanisme | A |
| | (AS020) Geotècnia | S1 |
| | (AS054) Composició I | S1 |
| | (AS024) Posta en obra de les instal·lacions | S2 |
| | (GA002) Pràctiques en empresa | A |
| | (AR018) Patologia, diagnòstico y rehabilitación | S1 |
| | (GE008) Herramientas informáticas III | S1 |
| | (GE009) Derecho y administración en la construcción | S1 |
| | (GE010) Gestión de proyectos | S1 |
| | (GE011) Sostenibilidad y energías renovables | S2 |
| | (GE007) Idioma moderno avanzado | S2 |
| | (GE006) Prácticas Externas | S2 |
| | (AT016) Seguridad y prevención | S2 |
| | (AR010) Economía aplicada | S1 |
| (GE001) Proyecto tinal de grado | A | |
| CURSO | ASIGNATURA | Semestralidad |
| 5è | (AS055) Mediciones | S1 |
| | (GA006) Planificación y Gestión | S1 |
| | (AS040) Projectes III | A |
| | (GA007) Planejament | A |
| | (GA009) Taller III | A |
| | (AS056) Composició II | S2 |
| | (GA003) Portafoli | S2 |
| | (GAN01) Treball Final de Frau | A |
| | Optatives | (AS085) Taller de Maquetes |
| (AT018) GIS | | S2 |
| (AS083) Seminari d'estètica | | S2 |
| (AS086) Seminari d'investigació | | S1 |
| (AS072) Noves infraestructures | | S2 |
| Colaboración departamental I | | A |
| Colaboración departamental II | | A |

| |
|-----------------------|
| Asignaturas GAE |
| Asignaturas GAE/GEA |
| Asignaturas GEA |
| Asignaturas Optativas |

Figura 18. Plan de estudios 2018 GAE/GEA ETSALS. Fuente: ETSALS

2.2.3 *Afectaciones a los planes de estudio en curso de la ETSALS*

2.2.3.1 *Nuevo modelo de escuela*

Durante el curso 2018-2019 el plan de estudios de GEA sufre un cambio en su estructura para potenciar la transversalidad y la internacionalización. El primer ciclo se mantiene como un aprendizaje horizontal donde el alumno va superando los cursos académicos para afianzar las bases del conocimiento de la arquitectura, consta de primer, segundo y tercer curso. El segundo ciclo pasa a ser un aprendizaje vertical, donde alumnos de cuarto y quinto curso se mezclan para aprender unos de otros. Es decir, se desdibuja la idea de asignatura convencional para convertirse en *Units*. Aparecen distintas *Units*, enfocadas a distintas especializaciones, donde coinciden alumnos de cuarto y quinto curso, y profesores de distintas asignaturas hacen el seguimiento del alumno en un aula llamada *Design Studio*.

Dichas *Units* se actualizan según la demanda y tendencias del mercado. Algunas de ellas son las siguientes:

- *Campus Unit*: Trabajo transversal con otros Grados del Campus.
- *Barcelona Unit*: Proyectos de ciudad para la ciudad.
- *International Unit*: Proyectos internacionales que se realizan en territorio extranjero.
- *Visiting Unit*: Un/a profesor/a de reconocido prestigio internacional es el/la invitado/a responsable de una *Unit*.
- *Tectonic Unit*: Se trabaja el arte de la construcción en relación con el uso del diseño artístico.
- *Sustainable Unit*: Proyectos de sostenibilidad arquitectónica.
- *Lab Unit*: Del diseño a la construcción 3D. Nuevas técnicas de fabricación digital. Más creativas, óptimas y sostenibles.
- *Big Data Unit*: Creación de las ciudades del siglo XXI a partir de la información. Smart Mobility, Cero Waste, Responsive City, etc.
- *Urban Planning Unit*: Ciudades y territorios de calidad, amables y eco-responsables, con Barcelona como referente.

2.2.3.2 NCA

Durante el curso 2019-2020 comienza la integración del nuevo modelo educativo NCA (Nuevo Contexto de Aprendizaje) en los diferentes programas de La Salle Campus Barcelona (URL) y para todas sus áreas de conocimiento. Dicho modelo educativo ha sido definido en la Agrupación Regional Lasaliana de España y Portugal (ARLEP) y define el estilo educativo que deben seguir todos los centros del distrito de La Salle en todas sus etapas educativas, incluida la universitaria (Petchamé et al., 2021). El marco metodológico NCA define, entre otras, las siguientes directrices:

- Potenciar metodologías de aprendizaje activas.
- Desarrollar las asignaturas en función de los resultados de aprendizaje.
- Integrar sistemas de evaluación en 3 momentos del proceso de aprendizaje: previo, durante y después.
- Incluir y potenciar distintas estrategias pedagógicas, como el trabajo cooperativo.
- Potenciar la interdisciplinariedad y transversalidad
- Potenciar las nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como elemento motivador.

Para poder llevar a cabo la implantación de NCA en los distintos ámbitos de conocimiento dentro del entorno universitario de la ETSALS, se realiza un desarrollo por etapas:

- Fase 1. transformación: desde las direcciones académicas, hasta el profesorado, rediseñan las asignaturas con este nuevo enfoque pedagógico y con una terminología común.
- Fase 2. Proyectos interdisciplinares: llevar a cabo proyectos transversales entre distintas asignaturas del mismo grado y entre asignaturas comunes de distinto grado y mismo ámbito de conocimiento.
- Fase 3. Proyectos interdisciplinares inter-ámbitos: llevar a cabo proyectos interdisciplinares entre asignaturas de ámbitos y grados diferentes, donde el alumnado aporte habilidades específicas de su titulación y trabaje en competencias transversales.

- Fase transversal. Digitalización: integrar las TIC a lo largo de todo el despliegue NCA para enriquecer el modelo pedagógico.

En el caso de la ETSALS, los grados comienzan la implantación NCA durante el curso 2019-2020 en primer curso y cada año progresivo se ampliará un curso más. Las asignaturas modifican guías académicas, planes docentes, sistemas de evaluación, carga de estudio de alumnado y las metodologías llevadas a cabo en la asignatura.

2.2.3.3 Centro ATC

La ETSALS, como ya se ha mencionado anteriormente es centro ATC. Los centros ATC tienen acceso a las BBS (Bulletin Board System) de Autodesk® y reciben actualizaciones y ampliaciones de las licencias que ofrecen. Son los únicos centros autorizados para conceder los certificados oficiales ATC en las formaciones que ofrecen. También supone un gasto anual de unos 4000 euros e implica que deben atenerse a los estándares de calidad que marca Autodesk®, deben cumplir una serie de requisitos. Disponer de equipos informáticos adecuados, contar con una serie de licencias y disponer de personas con formación en el producto (número de personas formadas según cantidad de cursos ofrecidos).

2.2.3.4 BIM

La petición para implementar BIM en los planes de estudio de la ETSALS no proviene de la dirección de la escuela, si no de la dirección general del campus, manifestando la importancia de que la visión para realizarla debía ser externa a los grados, un proyecto con una visión global de campus y a largo plazo.

El objetivo es implantar la metodología en los planes de estudio actuales, sin realizar modificaciones en los mismos, con la finalidad de conseguir que el egresado, al finalizar sus estudios, tenga un perfil competente en cuanto a los requisitos del mercado que ya incluyen BIM.

Tal y como muestra la Figura 19, la implantación BIM debe detectar a qué disciplinas y competencias afecta y cómo, debe tener en cuenta los distintos planes de estudio en curso y los futuros, debe tener un enfoque hacia el nuevo modelo de escuela, con una visión orientada a las *Units* y no tanto a las materias, debe realizarse en ambos grados simultáneamente y teniendo en cuenta los distintos itinerarios de los alumnos, debe tener en cuenta que la ETSALS es una escuela privada, debe seguir manteniendo los estándares de calidad necesarios para continuar siendo centro ATC y debe adecuarse a la implantación en curso de NCA.

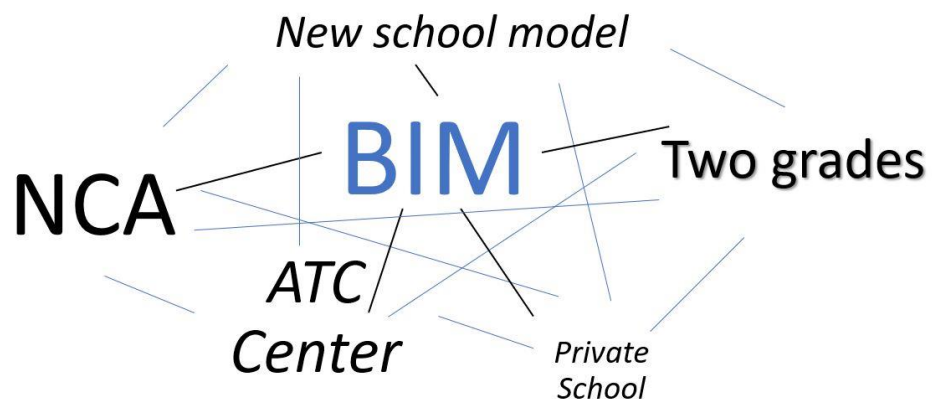


Figura 19. Conexiones ETSALS. Fuente: elaboración propia.

Durante el curso 2018-2019 comienza la implementación BIM en grados teniendo en cuenta todos los puntos anteriores, lo cual, se explica de forma más detallada y extendida en el marco empírico.

2.3 MÉTODOS DE APRENDIZAJE

El capítulo muestra un resumen de los métodos de aprendizaje que existen en la universidad y los inicios de la llegada de BIM a la formación universitaria. Se expone la posibilidad de integrar BIM en grados como método de aprendizaje para dar solución a la inclusión de la metodología completa en grados, ya que, habitualmente la metodología se centra en masters y en grados únicamente se imparte tecnología BIM. Se analizan estudios previos para observar los protocolos llevados a cabo y se examina la distribución de créditos BIM todas las universidades españolas que imparten estudios de AS y AT.

2.3.1 Métodos de aprendizaje en la universidad

En un proceso educativo marcado por las competencias y las atribuciones profesionales, son innumerables las soluciones TIC que se han implementado a nivel educativo con el fin de mejorar tanto la adquisición de dicha competencia, como la preparación del estudiante para el mundo laboral. Para dar cabida a las nuevas tecnologías, los sistemas en los que el estudiante es un actor activo a la hora de generar y gestionar contenidos (los llamados sistemas educativos 3.0), han tenido que adaptar sus estructuras académicas (Navarro & Fonseca, 2017)(Fonseca, Villagrasa, et al., 2013)(Fonseca & Redondo, 2013)(Ferrandiz et al., 2016)(Fonseca et al., 2016)(Navarro & Fonseca, 2017)(Fonseca, Redondo, et al., 2017). Las estrategias docentes evolucionan a un aprendizaje basado en tecnologías de apoyo en las aulas.

A pesar de esta fuerte evolución de las TIC y la incorporación de las mismas en las aulas, no ha habido gran renovación pedagógica en las aulas. Las TIC se han ido incorporando como sustituto a otro elemento, de forma mecánica pero no pedagógica (Simon et al., 2019). Una gran cantidad de materias huyen del uso de tecnologías y su uso es únicamente puntual y meramente representativo, no como soporte a la decisión (algo intrínseco al proyecto arquitectónico).

Dando solución a esta problemática aparecen continuamente nuevas metodologías, modalidades y tecnologías de apoyo a los docentes como herramientas facilitadoras para la adquisición de competencias de sus alumnos. Las propuestas más actuales están basadas en el modo en cómo se adquiere el conocimiento: haciendo (Learning by doing), usando (Learning by using), interactuando (Learning by interacting) y/o buscando (Learning by searching). Existen modalidades de aprendizaje (como el E-Learning), metodologías (como el aprendizaje invertido o Flipped Classroom) y tecnologías de apoyo (como la Realidad Aumentada o la Realidad Virtual), que también soportan la mejora del aprendizaje, y además desde un punto de vista más satisfactorio y motivacional (Navarro & Fonseca, 2017).

Como se puede corroborar en estudios previos (Fonseca, Villagrasa, et al., 2013)(Villagrasa & Duran, 2013)(Fonseca et al., 2015), el aprendizaje mejorado tecnológicamente (Technology Enhanced Learning, TEL) puede aumentar la motivación, la satisfacción y la adquisición de competencias espaciales y otras específicas relacionadas con la visualización arquitectónica. Todo ello bajo el prisma y suposición inicial que los estudiantes, nativos digitales (Prensky, 2010)(Ovelar Beltrán et al., 2012), aceptan mejor este tipo de experiencia de aprendizaje colaborativo que con las metodologías tradicionales (Fonseca et al., 2018).

2.3.2 La llegada del BIM a la formación universitaria

Los procesos basados en BIM y, en resumen, lo que ello conlleva, una gestión integral del proyecto arquitectónico, han crecido de forma exponencial en las dos últimas décadas(Olivier Faubel, 2015). Un hecho diferencial lo encontramos en que los ayuntamientos han comenzado a exigir el uso de esta metodología en el proceso de creación y presentación de toda obra pública, e incluso de la privada (Oya, 2015). Por este motivo, las empresas han tenido que iniciar un cambio metodológico adaptando los despachos, sus sistemas y, por ende, la formación de su equipo. Sin embargo, los estudios que nutren principalmente al sector, como los de arquitectura o edificación, no impartían (hasta hace

recientemente poco, alrededor de una década) conocimientos de metodología BIM. O bien, únicamente era una base que se utilizaba para realizar imágenes en 3D, pero no como base de datos. Esta problemática ha llevado a las universidades a plantear cambios en sus planes de estudio para que los futuros profesionales accedan al ámbito laboral con estos conocimientos (Chegu Badrinath et al., 2016)(Abbas et al., 2016)(Clevenger et al., 2010)(Luo & Wu, 2015)(Succar & Sher, 2014).

2.3.2.1 Antecedentes mundiales y europeos

El gran referente para Europa en cuanto a adopción BIM es Estados Unidos (EEUU) y también lo es en cuanto a estrategias de implantación BIM para la formación universitaria, existen numerosos estudios que son publicados anualmente. Es relevante mencionar que la estructura de los estudios en Norteamérica es distinta a la estructura que tenemos en Europa. Ya en 2006, las universidades estadounidenses plantean la problemática de la integración BIM en la universidad e identifican los obstáculos. Las asignaturas en las que se introduce son las puramente tecnológicas, en el área de expresión gráfica o cursos específicos fuera de los planes de estudio.

En Europa, el gobierno británico publica, en 2011, su intención de exigir la utilización de BIM en todos los proyectos públicos a partir de 2016 y, el Grupo de Trabajo BIM (BTG) impulsa la elaboración de estándares y guías para llevarlo a cabo. Dentro de la estructura BTG aparecen comisiones especializadas relacionadas con la adopción BIM en distintos ámbitos, incluido el académico. El BIM Academic Forum (BAF) es uno de ellos, surge en Reino Unido y consta de representantes de 35 universidades. El BAF se centra en proponer una hoja de ruta para incorporar el aprendizaje BIM en las disciplinas de grado y postgrado. Los informes realizados por el BAF, a fecha de 2015, demuestran que el nivel de madurez BIM en estudios superiores británicos son heterogéneos y no consolidados (Olivier Faubel, 2015).

2.3.2.2 Tecnología BIM en grados AEC

El diseño asistido por ordenador (CAD) inició, en los años 80 una revolución a nivel profesional en la arquitectura ya que favoreció la eficiencia y agilidad en la redacción de

proyectos técnicos. Las universidades comenzaron a incluir formación en este ámbito en sus planes de estudio, ya que estos conocimientos del estudiante mejoraban la representación del resto de asignaturas enfocadas al diseño (Purcell, 1980).

Es interesante remarcar en este punto, que las universidades privadas responden, habitualmente, a la demanda del sector más ágilmente que las públicas, debido a que son empresas y deben dar solución a la demanda de los clientes del centro, diseñando a su ritmo y necesidad los programas formativos. Las instituciones privadas suelen ofrecer, por esta razón, gran cantidad de cursos de especialización, tanto para alumnos como para profesionales. Ellas son, junto a los proveedores de software, las que comienzan a impartir cursos en aplicaciones BIM demandadas por el mercado.

Aunque la universidad pública va por detrás de las privadas, desde hace más de una década las universidades españolas ofrecen optativas y cursos externos de software BIM para dar respuesta a la demanda de los alumnos o profesionales que quisieran reciclarse en herramientas. El formato de asignatura de libre elección o curso externo al grado, desligada del plan de estudios, no permite una integración real y transversal de la metodología en los estudios, lo que conduce a que sean asignaturas más instrumentales que metodológicas. Además, las demandas de los alumnos habitualmente están orientadas básicamente al aprendizaje de alguna herramienta BIM que les pueda resultar útil para desarrollar sus proyectos en los estudios. Por ello, estas formaciones no están basadas en un aprendizaje formal, se centran únicamente en el aprendizaje de una herramienta o software sin el conocimiento de más herramientas, la interoperabilidad entre ellas y su gestión para un correcto uso de la metodología en su conjunto (Del Solar et al., 2016)(Building Smart Spanish Chapter, 2014a).

2.3.2.3 Tecnología y metodología BIM en másteres

Las necesidades de los postgraduados, ya inmersos en el entorno laboral, requiere una formación de gestión y procesos de trabajo, no únicamente instrumental. Es en 2014 aproximadamente, cuando comienzan las formaciones amplias en BIM en forma de máster o postgrado avalados por títulos propios. Aunque de nuevo son los centros privados los que

dan el paso y posteriormente las universidades privadas, la UPC o la Universidad de La Coruña (UDC) son de las primeras en ofertarlo. Entre las privadas, la primera fue la Universidad Europea de Madrid (UEM). También los colegios profesionales comienzan a impartir este tipo de formaciones. El profesorado de estos masters son personas autodidactas que han estado interesadas en este tipo de herramientas y metodologías y, en la mayoría de centros, este máster suele estar dividido en dos etapas, una primera basada en conocimiento multiherramienta y una segunda centrada en la metodología directamente: gestión e interoperabilidad (Building Smart Spanish Chapter, 2014a).

Hoy en día, los arquitectos y arquitectos técnicos tienen la posibilidad de especializarse en modelado y gestión BIM. En España, desde hace muy pocos años, las matrículas de masters y postgrados en BIM han aumentado de forma exponencial y, cada vez más centros ofrecen este tipo de formaciones. Sin embargo, si todos los arquitectos y arquitectos técnicos deben trabajar en metodología BIM, ésta no puede ser una formación de especialización, sino integrada en sus estudios. En este punto, aparece otra cuestión que muchas universidades se han planteado: en qué momento del aprendizaje debe aparecer el BIM. Es decir, debe ser formación de master o postgrado, una vez el alumno ya tenga conocimientos constructivos o, por el contrario, debe ir incluido de forma natural en el plan de estudios (Building Smart Spanish Chapter, 2014a).

2.3.2.4 La necesidad de incluir metodología BIM en grados

Es imprescindible distinguir que un máster es una especialización, un aprendizaje profundo de un tema concreto. En el caso de BIM, un máster puede llevar a roles de BIM Manager u otros roles dentro de la especialidad. No todos los estudiantes de AS o AT tienen la necesidad de dedicarse a ello en su vida laboral. Sin embargo, sí que necesitarán tener unas bases. Como muestra la Figura 20, de forma metafórica, si en el futuro (ya presente) en las empresas se usa BIM, es necesario formar ahora a los estudiantes. Para que las empresas y los trabajadores, como los girasoles, tengan la visión puesta en el mismo lugar, no se debe ofrecer únicamente en masters, de esta forma no llegaría a todos. Además, los estudiantes deberán formarse no sólo en tecnología sino también en las bases de los procesos y flujos que llevarán a cabo en su trabajo el día de mañana



Figura 20. Presente y futuro. Fuente: elaboración propia.

Dicho futuro, ya es una realidad, debido a las actuales exigencias/necesidades de las administraciones de implementar el proyecto arquitectónico bajo el paraguas de sistemas BIM. Por lo tanto, recae en las universidades la necesidad de formar a los actuales estudiantes, futuros arquitectos y arquitectos técnicos en el conocimiento de dicha metodología.

Los arquitectos o arquitectos técnicos están en continuo proceso de adaptación a las herramientas informáticas y poco a poco se convierten en un perfil con conocimientos multiherramienta. Si ya con la integración CAD en las universidades se favoreció a las competencias que obtenían los arquitectos y técnicos al llegar al entorno laboral, la integración BIM en los planes de estudios es positiva y necesaria, ya que la dificultad para su manejo es mayor y más compleja. La clave está en la integración del computador en las escuelas de arquitectura. El uso de los computadores como una herramienta de trabajo no es únicamente un cambio de lápiz, ya que supone un cambio en el planteamiento del modo de concebir el proyecto (Redondo et al., 2012).

Pero, como ya se ha mencionado, no únicamente es cuestión de incluir la tecnología en el actual plan de estudios como una herramienta más. Es necesario plantear un cambio metodológico en el que todas las áreas de conocimiento se vean involucradas y así mejorar la adquisición de competencias de los estudiantes de forma transversal, conllevando utilizar BIM como método a través del cual, el alumno aprenda. Sin embargo, los planes de estudio no permiten modificaciones de forma sencilla y las áreas de conocimiento no quieren, ni deben, dar parte de sus créditos para el aprendizaje BIM.

2.3.3 BIM como método de aprendizaje

En este punto es relevante destacar que BIM se considera una metodología de trabajo, no de aprendizaje. Sin embargo, aun sin serlo, ¿podría utilizarse como tal y de esta forma ser un medio para aprender?

La implantación en primeros cursos mejora el aprendizaje de los alumnos, ya que no han tenido tiempo de acostumbrarse a sistemas previos y no tienen ‘malos vicios’. A parte, a mayor juventud, sobre todo en el caso de los nativos digitales, mayor facilidad y velocidad para el aprendizaje de metodologías basadas en tecnología. Por el contrario, el BIM se basa en construir de forma digital, pero construir, al fin y al cabo. Por lo tanto, ¿es necesario que el alumno tenga conocimientos previos de construcción? o, por el contrario ¿puede aprender construcción mientras aprende BIM y ambos se retroalimentan en su aprendizaje?

Los alumnos se inician en el aprendizaje BIM a través de herramientas de modelado arquitectónico con un nivel de desarrollo bajo. A medida que el alumno va adquiriendo conocimientos constructivos, va incorporando a su modelo mayor nivel de desarrollo, de esta forma el alumno aprende construcción aprendiendo BIM y aprende BIM aprendiendo construcción. El cambio de paradigma se convierte en pasar de enseñar la herramienta a enseñarle a construir mediante la herramienta. BIM romperá con el modelo de aprendizaje convencional para convertirse en una herramienta de aprendizaje, ya que brinda la oportunidad de aprender viendo y haciendo (Sacks et al., 2010)(Vimonsatit & Htut, 2016).

Se ha entendido erróneamente que BIM es un mero sustituto del CAD, lo que ha llevado a un gran retraso en la integración de estas metodologías en las universidades españolas (Building Smart Spanish Chapter, 2014a). La Directiva Europea sobre contratación pública de la Unión Europea (EUPPD) habla de BIM como una forma de hacer, de pensar, de actuar y de gestionar. No habla de BIM como una herramienta, ya que los objetivos que plantea no se pueden conseguir únicamente con cambios tecnológicos (Oliver Faubel, Inmaculada; Villoria, Paola; Fuentes-Giner, Begoña; Del Rio Merino, 2016). Además, la formación sobre aplicaciones BIM puede quedar obsoleta en un futuro próximo, por eso es importante

enseñar el potencial de BIM a lo largo del ciclo de vida del proyecto, así como a gestionar de forma correcta el modelo (Leite, 2016).

Aunque se ha demostrado que el mejor enfoque pedagógico para enseñar los estudios AEC es una combinación de PBL y ‘tiza y habla’ (chalk and talk), el formato ‘tiza y habla’ sigue siendo el enfoque predominante. Habitualmente se proponen cursos BIM aislados, por considerar, de forma simplista, que BIM está en contradicción con las prácticas actuales (Bishop & Verleger, 2013)(Mills & Treagust, 2003a, 2003b)(Boton et al., 2018a). Un modelo BIM tiene tres dimensiones geométricas. Sin embargo, es un contenedor multidimensional debido a la información que aloja (tiempo, costes, mantenimiento...). La información definida en el modelo es jerárquica y no anárquica, lo que lleva a que los estudiantes deban comprender la lógica constructiva a medida que modelan y esto podría ser una gran oportunidad para la enseñanza (Cheng, 2006).

La creatividad es la habilidad menos desarrollada en el enfoque BIM, por eso es más difícil de integrar en asignaturas de historia y diseño. BIM tiene un enfoque constructivo orientado a la producción y optimización en etapas más desarrolladas del proyecto. Un PBL integrado en el plan de estudios, donde el diseño es el núcleo del aprendizaje, ayudaría a realizar una práctica transversal entre disciplinas mediante el uso de BIM. A medida que el proceso de aprendizaje avanza, el nivel de detalle también. Basándose en el encuadre pedagógico de ‘know how’, PBL y trabajo colaborativo, los planes de estudio mejorarían significativamente al integrar BIM en los distintos cursos (Marcos, 2017). Si se hace de forma transversal, implicando a distintos departamentos y materias, BIM se convertirá en la metodología de trabajo natural a lo largo de la carrera y las herramientas BIM en las habituales de las asignaturas que engloban el plan de estudios (Building Smart Spanish Chapter, 2014b).

BIM tiene el potencial de ser incluido a lo largo de todo el programa de estudios. Puede ser introducido en una materia para aprender las habilidades básicas de modelado y análisis y, posteriormente, introducirlo en diferentes disciplinas a través de colaboración en equipos multidisciplinares. Incluso el último año podrían realizarse colaboraciones entre estudiantes y empresas en proyectos reales (Ferrandiz et al., 2016)(Taylor et al., 2008)(Hietanen & Drogemuller, 2008)(Kymmell, 2008a). Diversos autores afirman que el proceso de

aprendizaje BIM gradual posibilita que el alumno adquiera las habilidades necesarias para realizar el TFM con herramientas digitales basadas en BIM y, de forma competente (Pepe et al., 2016).

Las universidades tienen la necesidad de integrar BIM, pero lo hacen sin prever una modificación sustancial en los planes de estudio. Por lo que la integración BIM se realiza basándose en prácticas actuales, cuando la educación AEC debe evolucionar para poder abordar una integración BIM adecuada y estructurada (Becerik-Gerber et al., 2012). La comunidad profesional avanza de forma más rápida que la académica, por lo que la pedagogía BIM aún no está consolidada. Los planes de estudio AEC deben estructurarse con la visión puesta en los desafíos presentes y futuros y no basarse en las prácticas actuales (Becerik-Gerber et al., 2011)(Sánchez et al., 2019a). Es en este momento cuando las universidades comienzan a plantear metodologías de implementación en los grados, ya que es mucho más complejo de gestionar que un máster específico. La complejidad recae en la cantidad de personas implicadas, la gestión de las mismas, los cambios pedagógicos, gestión de software... una gran mayoría de profesorado, alumnos, direcciones de escuelas ya que, una implementación a nivel metodológico afecta directamente a las guías académicas y requiere un replanteamiento de los planes de estudio actuales.

2.3.4 Estrategias de implantación para grados

Numerosos estudios previos se centran en analizar la motivación de los alumnos al integrar BM en asignaturas de expresión gráfica (Comiskey et al., 2017)(Lassen et al., 2018)(Swallow & Zulu, 2019b)(Ferrandiz et al., 2018)(Sanchez et al., 2020)(Zieliński & Wójtowicz, 2019)(Davis et al., 2018), talleres o workshops, lo cual, se escapa del objeto de estudio de esta tesis, por lo que no se redacta en este punto el análisis exhaustivo de las propuestas de integración BIM. Lo que sí es importante contextualizar, son publicaciones que hablan de integración BIM como método, con la vista puesta de forma global en el plan de estudios y poner en valor algunas de las propuestas que se han hecho en los últimos años, como veremos en las subsecciones siguientes.

2.3.4.1 *Estudios previos. Protocolos de implantación en España*

El origen de la estrategia para la adopción BIM como herramienta de aprendizaje en España aparece en las Jornadas de Orientación al Optimismo en 2014-2015, donde se presentan experiencias de profesionales a alumnos. Debido a la crisis del sector de la construcción, éstos reinventan su profesión y algunas de las presentaciones son profesionales que optan por BIM. En paralelo, en Europa también se comienza a apostar por BIM. Tras la implantación de Bolonia, se acerca el momento de auditar los planes de estudio ante la ANECA y nos encontramos ante una crisis de matriculaciones en grados AEC en España, lo que lleva a convocar unas jornadas extraordinarias en la UPC por parte de la Conferencia de Directores de Escuelas para abordar el futuro de los planes de estudio, en concreto, el de AT (Nieto et al., 2017)(Olivier Faubel, 2015).

En el año 2016 Inmaculada Olivier publica su tesis doctoral ‘Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación’ en la que redacta, de forma profunda y extensa, una propuesta para la modificación de los planes de estudio para demostrar la viabilidad de incluir BIM. En sus conclusiones afirma que la vía más eficaz, dentro del marco legal, para integrar BIM en los planes de estudio y con mínimo impacto en los mismos es la inclusión de una competencia BIM en las exigencias de la actual Orden ECI 3855/2007 (Oliver Faubel, Inmaculada; Villoria, Paola; Fuentes-Giner, Begoña; Del Rio Merino, 2016). En su estudio demuestra que esta modificación es posible y viable, pero las que deben poner en marcha dicha modificación de la Orden Ministerial son las instituciones universitarias. Menciona que las competencias específicas BIM de carácter instrumental pueden adquirirse dentro de las asignaturas de expresión gráfica que ya existen en los planes de estudio, sin embargo, las competencias específicas BIM de carácter integrador deben nutrirse de parte de los créditos del resto de asignaturas. No se trata de que las asignaturas pierdan contenido, sino que parte de los contenidos que ya se hacen se hagan en metodología BIM. Remarca que las experiencias aisladas que promueven las instituciones de carácter bottom-up no dan resultados positivos y se requiere una estrategia definida de carácter top-down que coordine y homogenice la integración BIM en grados AEC. Por ello, afirma necesario que la

administración siga regulando el proceso y que la Comisión BIM del Ministerio de Fomento debe seguir con su labor de concienciación en el Plan Nacional de Acción BIM, entre otros.

La tesis doctoral de Inmaculada Olivier ha dado pie a que distintas instituciones universitarias hagan propuestas en las que la integración BIM no es únicamente tecnológica, sino transversal y basada en los procesos. Un ejemplo es la Escuela Politécnica de Cuenca (EPC), donde han realizado una propuesta en la que las distintas asignaturas usan entre el 15 y el 25% de sus créditos para materializar el aprendizaje en un Taller de Gestión de Proyectos. Para realizarlo, es necesario que haya un punto de encuentro común y además que posibilite el uso de metodología BIM, por lo que se propone realizarlo en un aula llamada BIMLab. En ella, habría siempre un coordinador BIM del taller y serviría como centro de formación permanente para alumnos y profesores y así poder asesorar de manera integrada a las distintas áreas (Jesús Alfaro González; José Manuel Cañizares Montón; Jesús Ángel Martínez Carpintero; Pedro Enrique Pérez; David Valverde Cantero, 2016).

La Universidad Politécnica de Valencia (UPV) ha hecho grandes esfuerzos en los últimos años por motivar la adopción BIM. El congreso EUBIM es quizá, el primero que comenzó a hablar de BIM académico y tiene gran relevancia para el objeto directo de esta tesis. En el año 2017, durante el 6º Congreso Internacional de Encuentro de Usuarios BIM (EUBIM) se presenta el estudio 'BIM: pautas estratégicas para la regeneración del método docente en las escuelas de arquitectura' (Aldeanueva-Fernández, Mercedes, García-Marín, Alberto, Barrios-Corpa, Jorge, de la Torre-Fragoso, 2017). Para realizar una implementación en el ámbito académico también es necesario un protocolo, ya que la inmersión de BIM en el plan de estudios es un cambio global y muy complejo por afectar a todos los profesores y áreas, pero de distinta manera en cada una. Por ello, en la mencionada ponencia, donde piden que se realice una guía común para todas las universidades a la hora de implementar BIM, proponen un protocolo llamado BIM Academic Plan (BAP), Figura 21. La implementación en empresa es distinta a la implementación académica. En el caso de empresas se comienza redactando un BEP en el que se detalla el alcance de la implantación, concretando el LOD que corresponda y, se estructura la coordinación del trabajo colaborativo según las fases de proyecto y agentes intervinientes según las distintas disciplinas. En el caso de la implementación académica el funcionamiento es similar a grandes rasgos, pero muy distinto

en profundidad. El protocolo que definiría el documento BAP correspondería a un BEP en una empresa, es decir, un BEP aplicado al mundo académico. En él se sustituyen las fases por cursos académicos y las distintas disciplinas por áreas de conocimiento donde los distintos agentes son ahora las distintas asignaturas.

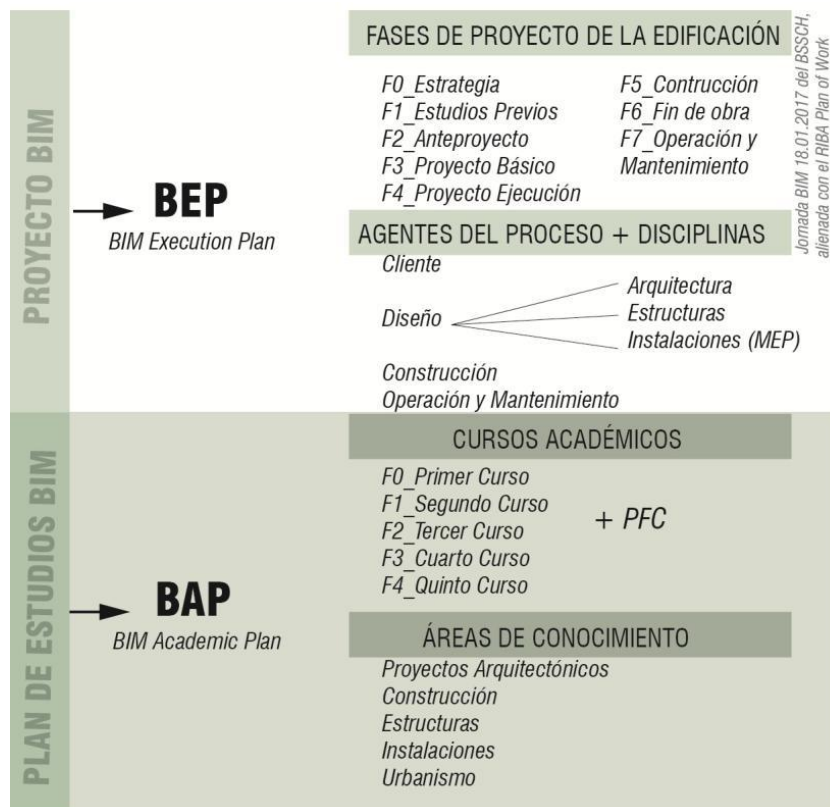


Figura 21. Relación del Proyecto de edificación BIM con el Proyecto de Implementación del Método BIM en las Escuelas de Arquitectura. Fuente: Congreso Internacional BIM (EUBIM) 2017. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universitat Politècnica de Valencia

En 2018, el área de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA) de la Universidad de País Vasco (UPV/EHU) publica el desarrollo de un Proyecto de Innovación Educativa basado en la colaboración entre asignaturas y dirigido por el Área EGA. La reflexión realizada por los autores es de gran relevancia, donde concluyen que la clave está en la colaboración, donde EGA tiene un papel líder. Partiendo de que BIM no es una herramienta gráfica, sino una metodología de trabajo, enseñar arquitectura a través de BIM cambia radicalmente a enseñarla de la manera tradicional (Agustín, 2016)(I. L. Cascante & Martínez, 2018a).

Este enfoque está llevando a una visible polarización entre tradicionales o analógicos y progresistas o tecnológico-digitales. La docencia BIM requiere estrategias innovadoras, pero no implica que las técnicas tradicionales deban suprimirse, tampoco implica que la docencia BIM sea exclusiva de EGA. BIM implica nuevos conceptos, pero no un nuevo lenguaje, el lenguaje para transmitir la arquitectura sigue siendo el gráfico, por encima de del escrito, oral u otros. EGA es el área encargada de la ‘Filología’, de transmitir el lenguaje, es por ello que debe dirigir la incorporación de BIM. Afirman la necesidad de que todas las áreas estén afectadas por la educación BIM, ya que todas hablan el mismo lenguaje y sea EGA el área que lidere o dirija el Plan.

No existe un único enfoque posible para diseñar e implementar BIM en el plan de estudios ya que cada programa académico es diferente, lo que sí se puede afirmar y es mencionado de forma vehemente por muchos autores, es que si BIM se introduce sin cuidado en los estudios sin cambiar el enfoque pedagógico, las bases de la enseñanza de la arquitectura corren el riesgo de verse afectadas (Cheng, 2006).

2.3.4.2 *La actualidad del BIM en los grados de las universidades españolas*

Con los datos públicos suministrados en sus páginas web e información obtenida de anteriores investigaciones (García Santos et al., 2017)(Navarro & Fonseca, 2017), encontramos los datos que de forma agregada se presentan en la Tabla 3. De los 37 centros identificados en España con estudios de AS y AT encontramos: 3 universidades privadas y 11 públicas que cursan el grado de estudios en AS, y en paralelo, el de AT. También encontramos 8 universidades privadas y 6 públicas que solo cursan el grado de AS y 1 universidad privada y 8 públicas con únicamente el grado de AT.

Tabla 3. Centros universitarios españoles con oferta académica de grados en arquitectura y/o arquitectura técnica y edificación. Fuente: elaboración propia

| | Univ. Priv. | Univ. Públ. | Univ. Totales |
|---|-------------|-------------|---------------|
| Estudios de Arquitectura y Edificación | 3 | 11 | 14 |
| Estudios de Edificación | 1 | 8 | 9 |
| Estudios de Arquitectura | 8 | 6 | 14 |
| Estudios totales | 12 | 25 | 37 |

Las universidades que tienen más cantidad de asignaturas involucradas en BIM son, y en el siguiente orden: la UEM (grado en Fundamentos de la Arquitectura); la Universidad Jaime I de Castellón (UJI) (grado en AT); la UPV (grado en AT); y la UDC (grado en Estudios de Arquitectura). Pero este dato no es relevante dada la diferencia de créditos ECTS observada. Como se puede apreciar en las Figuras 22 y 23, las universidades que tienen una mayor suma de créditos dedicados a BIM son, las universidades UDC y Sevilla (US) en el caso de estudios de AS y las universidades UPV y UJI en el caso de estudios de Edificación.

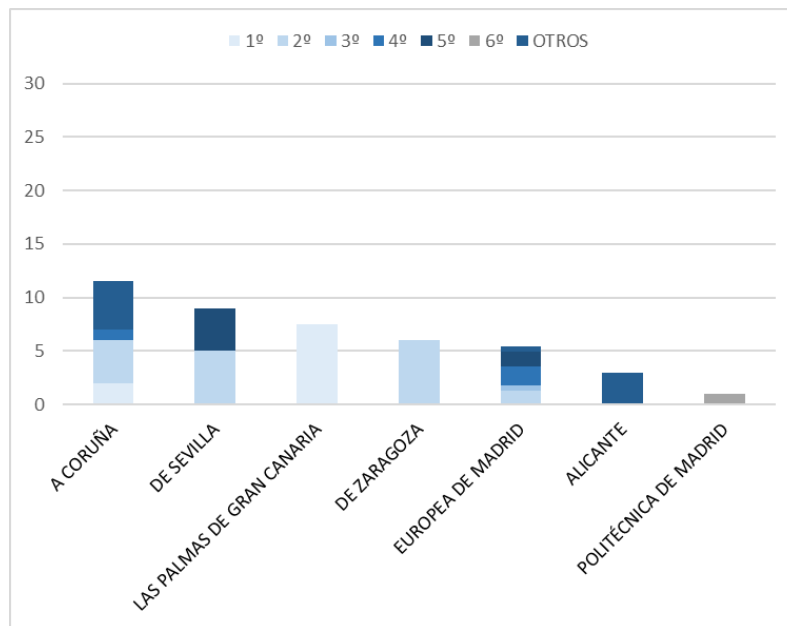


Figura 22. Eje y: créditos dedicados a BIM respecto a los 300 créditos totales de la titulación de Arquitectura en las universidades españolas. Fuente: elaboración propia

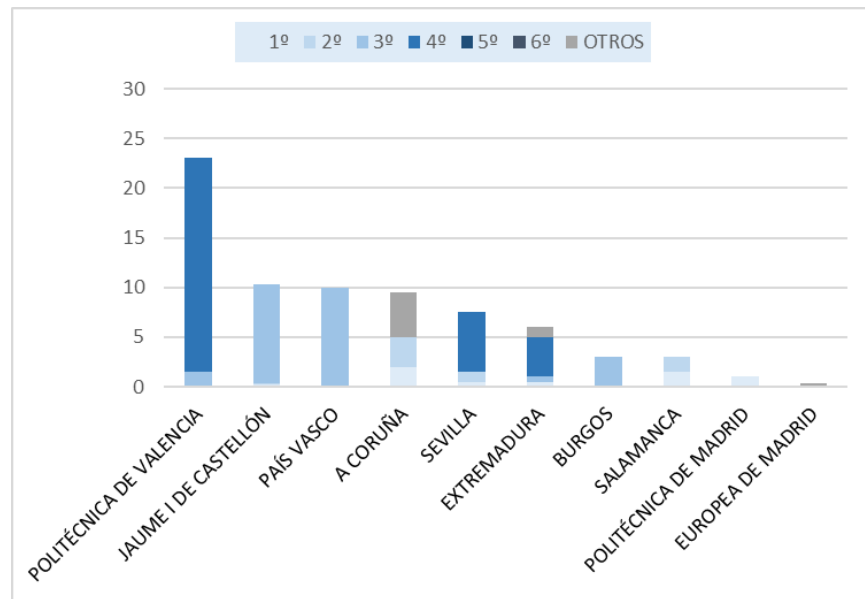


Figura 23. Eje y créditos dedicados a BIM respecto a los 240 créditos totales de la titulación de Arquitectura Técnica y Edificación en las universidades españolas. Fuente: elaboración propia

No se debe olvidar que los datos están basados en las informaciones públicas suministradas en las páginas de las universidades y que potencialmente se pueden estar implementando cursos, clases y, por ende, créditos no reflejados o actualizados en dichas informaciones. En este sentido, y a partir de los datos recopilados, podemos observar que hay más centros involucrados en estudios de AT respecto al grado de AS, en línea con las potenciales atribuciones profesionales de dicho sector. También podemos observar una gran disparidad en la distribución de créditos BIM respecto a los cursos académicos según el centro universitario.

Un ejemplo paradigmático lo encontramos en el caso de la Universidad de Valencia, la cual tiene prácticamente el doble de créditos dedicados a BIM siendo un grado con menor cantidad de créditos totales. Por lo tanto, podríamos llegar a afirmar que proporcionalmente tiene una implementación BIM en su plan de estudios considerablemente mayor. Datos que pueden explicar estos resultados son que el congreso BIM más reputado en temas académicos a nivel estatal es el congreso internacional EUBIM de Valencia, en el que cada año dedican una parte al BIM en la universidad.

Así mismo, la UPV, en la edición 2015 del congreso, acordó la publicación del manifiesto BIM académico para solicitar un plan de formación integrado y colaborativo entre todas las instituciones académicas a nivel nacional e internacional con el objetivo de mejorar la capacitación de los estudiantes, profesores y profesionales del sector de la construcción. Con estos datos se puede deducir que las universidades valencianas son las más activas en este campo y, en concreto, en el ámbito de la Edificación.

Siguiendo con el análisis de los planes consultados se puede observar cómo hay una mayor implementación en asignaturas obligatorias (mayoritariamente de 6 créditos ECTS) respecto a optativas. Las asignaturas optativas que lo incluyen lo hacen, habitualmente, a modo de workshop o de forma transversal para incluir conocimientos BIM en distintas materias. Analizando la proporción de créditos dedicados a BIM dentro del total de créditos de cada asignatura, se diferencian los siguientes grupos:

- Las asignaturas que dedican la totalidad de sus créditos a la adquisición de conocimientos BIM: materias de diseño asistido por ordenador (casos muy puntuales).
- Cerca del 30% aplican BIM en un 50% o más de sus créditos: materias en su mayoría dedicadas a expresión gráfica y proyectos (destaca su presencia en cursos de 3º y 4º).
- Alrededor del 30% aplican BIM entre un 15% y un 50% sobre los créditos de su materia: En su mayoría materias relacionadas con la expresión gráfica, proyectos, talleres y construcción (repartidas por todos los cursos, pero su mayor peso se sitúa en 3º).
- Sobre un 30% aplican BIM en un porcentaje menor al 15%: materias dedicadas a instalaciones, estructuras y gestión, y algún caso puntual de expresión gráfica y proyectos (mayormente repartidas en 2º, 3, y, en menor medida, en 4º).

En la Figura 24 se puede observar que las áreas de expresión gráfica/geometría/diseño asistido por ordenador y las áreas de proyectos/talleres/construcción destacan sobre el resto en la incorporación de créditos BIM en sus asignaturas

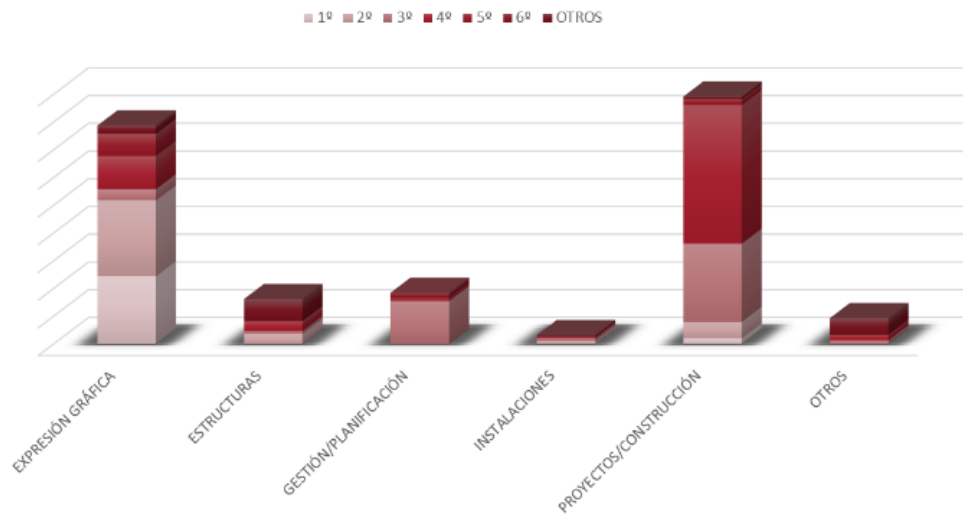


Figura 24. Créditos BIM según área de conocimiento. Fuente: elaboración propia

El área de expresión gráfica centra la mayoría de los créditos impartidos en los primeros cursos (1º y 2º) mientras que el área de proyectos/construcción/talleres tienen una mayor importancia en los siguientes (3º y 4º), por lo que se puede deducir que el alumno recibe formación BIM inicialmente en asignaturas de diseño asistido por ordenador y posteriormente lo aplica en asignaturas de proyectos. El resto de las áreas tienen menos créditos BIM, pero disgregados de una forma más proporcionada durante los cursos, por lo que se entiende que se utiliza esta metodología en momentos más puntuales de la materia, pero durante todo el grado.

2.3.4.3 Visualización y clasificación inicial de la literatura científica sobre implementación académica BIM

Con el objetivo de evaluar el interés científico de la temática del trabajo, se ha realizado una identificación y visualización del número de artículos en revista y, en paralelo, publicaciones en congresos en los últimos 4 años (periodo 2016-2019 ambos incluidos). Se ha seleccionado dicho periodo con el fin de obtener una visión actualizada de la literatura en unos procesos con una edad relativamente joven, partiendo de la hipótesis de que cualquier referencia de más de cinco años en un proceso de cambio educativo como el descrito y, en base a la tecnología BIM, se podría considerar como obsoleto o en decadencia.

A partir de la selección de las bases de datos de “ISI Web of Knowledge” y “Scopus”, los criterios de búsqueda que se han realizado han sido los siguientes:

- IE: BIM Implementation in Education
- AEC: BIM AEC Curriculum
- IA: BIM Implementation in Architecture
- ICE: BIM Implementation in Construction Engineering
- HE: BIM in Higher Education
- BIME: Building Information Modelling Education
- TU: BIM Teaching in University

Los resultados obtenidos los podemos ver de forma agrupada en las siguientes Fig. 25, 26 y 27.

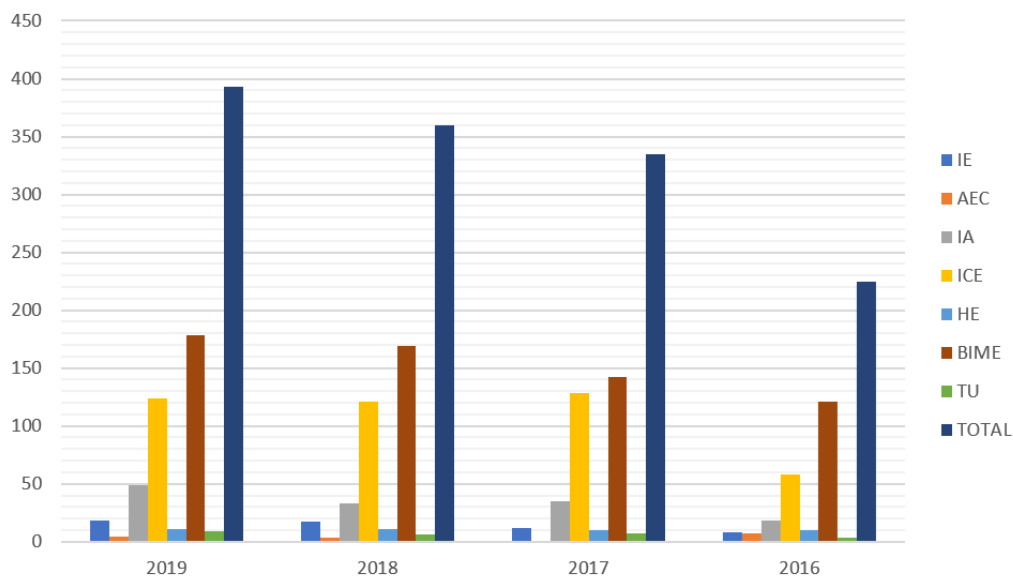


Figura 25. Número de artículos publicados en revista por tipo de búsqueda (ISI Web of Knowledge). Fuente: elaboración propia

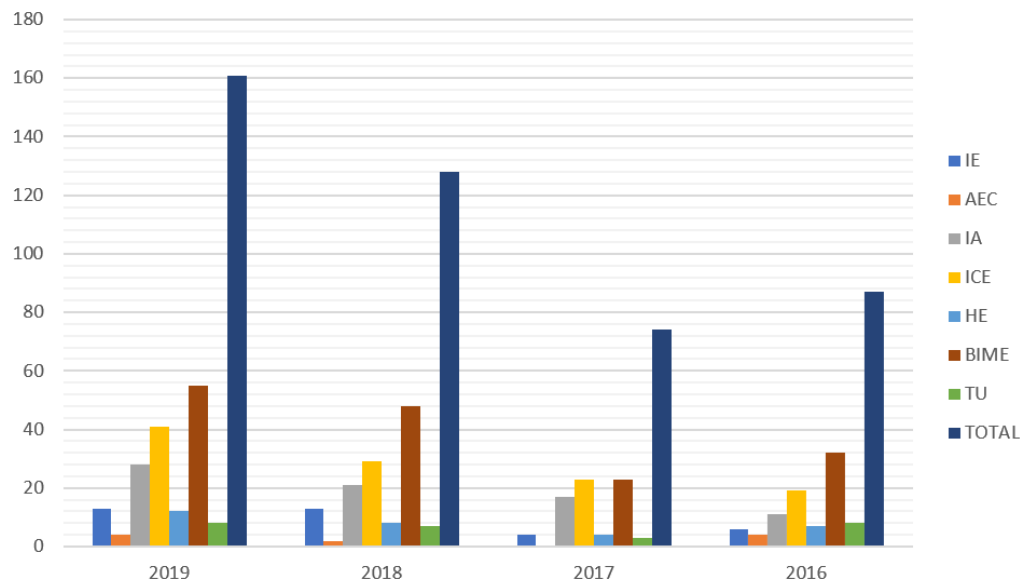


Figura 26. Número de artículos publicados en revista por tipo de búsqueda (Scopus). Fuente: elaboración propia

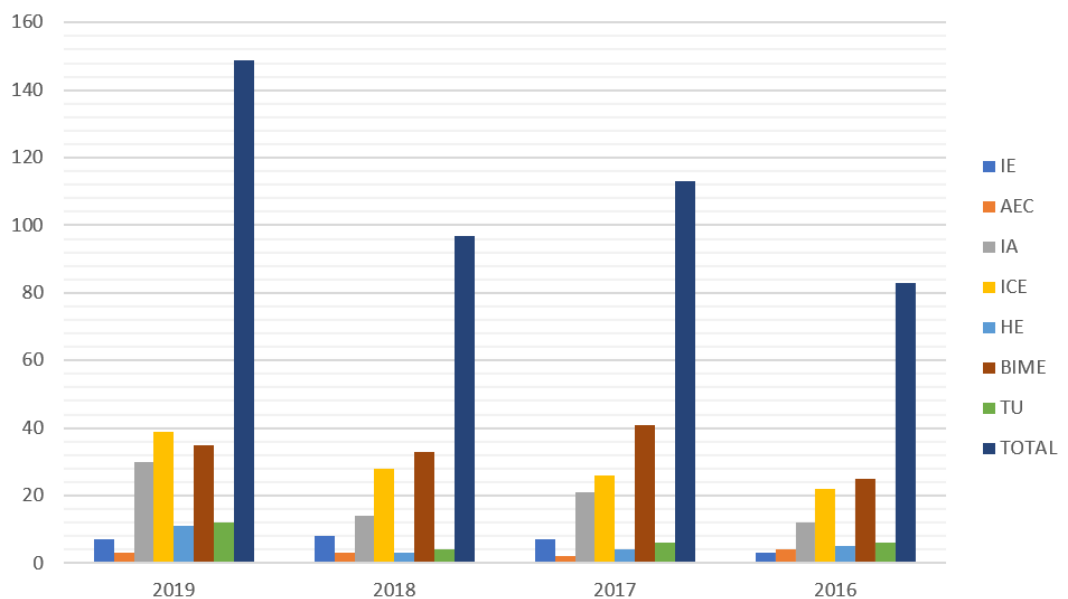


Figura 27. Número de artículos publicados en congreso/conferencia por tipo de búsqueda (Scopus). Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, claramente hay dos conceptos que predominan en la identificación de la literatura para la implementación BIM educativa: por un lado, los artículos que identifican la definición de Building Information Modelling Education (BIME), y por otro lado aquellos que utilizan, la expresión BIM Implementation in Construction Engineering

(ICE). Siendo conscientes de que es necesario realizar un filtrado de esta búsqueda para identificar la relevancia de los artículos con el tema, se identifica un claro trabajo futuro, como puede ser la catalogación de dichas referencias por ámbito de aplicación, localización geográfica, resultados, etc. Pero ante todo y, viendo los resultados agrupados de las referencias encontradas en los dos servicios de indexación (ver Fig. 28), queda claro el ritmo creciente y sostenido en la literatura científica sobre el tema, aspecto que valida continuar de forma amplia con el proyecto, para establecer una ruta de implementación que optimice las propuestas ya existentes.

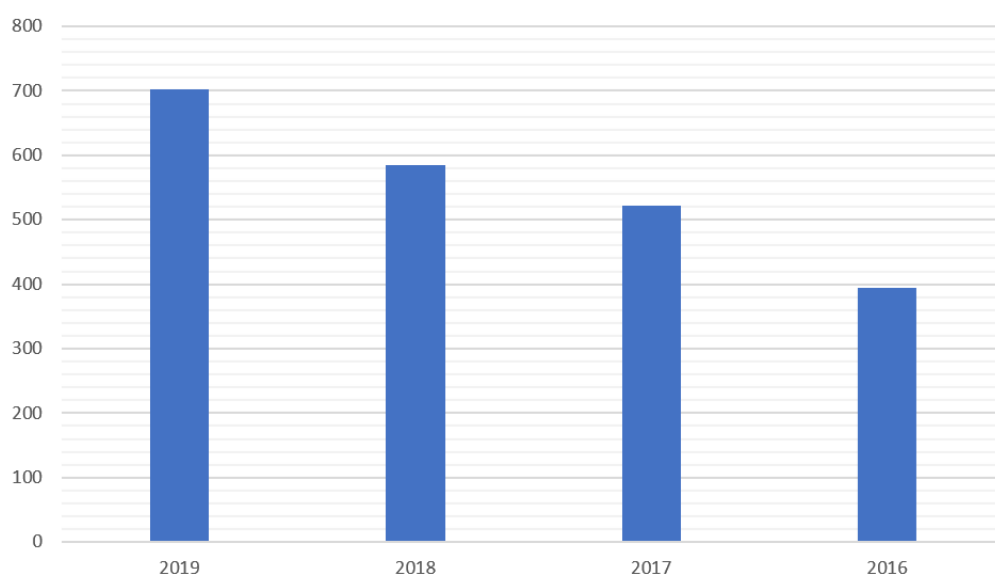


Figura 28. Citas totales (ISI Web of Knowledge y Scopus). Fuente: elaboración propia

Por otro lado, se ha observado que a nivel internacional las publicaciones sobre este ámbito llevan más años en crecimiento que las nacionales. Aunque las búsquedas en español han sido nulas o irrelevantes para el tema tratado, se ha observado un crecimiento exponencial de artículos a nivel estatal a partir de 2017 donde se aprecia una relación evidente entre el requerimiento de BIM a nivel profesional y su repercusión en la necesidad de formar estudiantes. Las publicaciones que tratan sobre la integración de metodología BIM en el ámbito académico universitario se centran, en su mayoría, en estudios de ingeniería civil, AT y AS.

La falta de cohesión y coordinación entre las distintas instituciones académicas españolas y el interés encontrado en publicaciones internacionales relacionadas con la integración BIM en el ámbito académico lleva a la necesidad de indagar de forma global y más concreta sobre lo que está ocurriendo, a través de la siguiente revisión sistemática.

2.4 REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Desde que las instituciones gubernamentales internacionales exigieron y/o fomentaron (según la normativa de cada país y continente) visar toda obra pública en metodología BIM instituciones públicas y privadas han tratado de integrar BIM en sus procesos productivos o educativos. Este hecho lleva al ámbito académico universitario a centrar sus esfuerzos en capacitar al alumnado, dada la necesidad que tendrán en sus futuras actividades laborales ligadas a la arquitectura y la construcción, en dicha metodología.

La presente revisión sistemática se centra en analizar qué métodos de integración están usando los centros educativos superiores de todo el mundo para desarrollar las implementaciones BIM en grados AEC (Architecture, Engineering and Construction) y preguntar si existe alguna base reguladora que sirva a las instituciones como guía común para mejorar el proceso de dicha integración. Para ello, se ha realizado una revisión sistemática de literatura a través de WOS y SCOPUS, aplicando la metodología Prisma Statement. Se han llevado a cabo criterios de inclusión y exclusión en correspondencia a palabras clave, resúmenes y lectura completa de los artículos. Finalmente se han estudiado a fondo 23 artículos, analizando los métodos de integración y evaluación, y los resultados obtenidos. El análisis muestra un consenso sobre la necesidad de realizar guías académicas comunes entre centros universitarios que definan la estrategia de modificaciones en los planes de estudio, así como estrategias de enseñanza y aprendizaje. Por último, se identifican futuras líneas de investigación.

2.4.1 Revisión y mapeo sistemáticos

2.4.1.1 Marco de la Revisión

La industria de la construcción está manifestando un creciente interés por BIM y su gradual aceptación está generando más empleo y oportunidades para los especialistas en

dicha metodología (Bosch-Sijtsema et al., 2019)(Aranda-Mena et al., 2009)(Crotty, 2013)(Charef et al., 2018). Su integración BIM en las empresas supone introducir nuevas estrategias pedagógicas en los planes de estudio para formar adecuadamente a los estudiantes y futuros miembros del sector profesional (Fridrich & Kubečka, 2014)(Yusuf et al., 2016)(Shelbourn et al., 2017). Es decir, para que los futuros profesionales sean competitivos en la metodología BIM, las universidades deben poder formar a sus estudiantes hoy. Por dicho motivo, las instituciones de educación superior, como generadores y promotores del conocimiento (Romero et al., 2020), tienen ahora la necesidad y de implementar BIM en sus planes de estudio.

Se debe tener en cuenta que los planes de estudio tienen un objetivo, que es dotar a alumno de las competencias necesarias para su futuro trabajo profesional. Es necesario que las instituciones capaciten a los estudiantes para alcanzar los conocimientos y habilidades necesarias para responder a los requerimientos de la industria de la construcción. La incorporación BIM en los grados Architecture, Engineering and Construction (AEC) no debe modificar este objetivo, ni sus contenidos, sino la metodología de enseñanza/aprendizaje (Alfaro-González, Jesús; Valverde-Cantero, David; Cañizares-Montón, José Manuel; Martínez-Carpintero, n.d.). La Sociedad Americana de Arquitectos (AIA) identificó BIM como un “catalizador para repensar la educación arquitectónica” (AIA, 2013a, 2013b).

Es necesario reflexionar sobre cómo se debe fortalecer el vínculo entre las actividades académicas y el ejercicio profesional posterior, entre la educación institucional y los requerimientos prácticos de la industria (Vimonsatit & Htut, 2016). En la industria, como se ha mencionado anteriormente, los procesos BIM se basan en colaboración y estandarización. Es decir, tanto las implementaciones BIM, como el trabajo colaborativo BIM se apoya en una serie de estándares, cada vez más extendidos por los organismos públicos. Éstos ayudan a agilizar procesos y facilitan la colaboración entre los distintos agentes involucrados. Como se ha demostrado en distintas publicaciones si en el futuro profesional se trabajará de manera colaborativa, se debe enseñar de manera colaborativa, y de esta forma acercar al alumno a una práctica real. Por lo tanto, si se realizan implantación en plan de estudios, se tendrá que hacer de manera colaborativa. Lo que conlleva apoyarse en unos estándares. En este punto, cabe destacar que, se trata de implementaciones en ámbitos diferentes, laboral

y docente. Por lo tanto, aunque en ambos ámbitos sean necesarios dichos protocolos, no tienen por qué ser los mismos, pero sí similares. Por ejemplo, en el ámbito laboral hay distintas disciplinas y fases, lo que correspondería en el ámbito académico a áreas de conocimiento y cursos lectivos.

Se ha observado en distintas publicaciones que las universidades que están tratando de implementar BIM en sus planes de estudio, ya sea en grados de arquitectura, ingeniería civil o edificación, lo están haciendo con propuestas dispares e individualizadas, sin una estrategia común ni estándares que la apoyen (Adamu & Thorpe, 2016). Dichos estándares facilitarían que instituciones que quieran dar el salto a BIM tuvieran unas pautas a las que acogerse para agilizar el proceso y apoyarse en buenas prácticas, como se hace en el caso del trabajo con metodología BIM en la industria.

Por este motivo, en la edición del Congreso EUBIM de 2015 de la UPV se acordó la publicación del manifiesto BIM académico para solicitar un plan de formación BIM integrado y colaborativo entre todas las instituciones académicas a nivel nacional e internacional. Actualmente, dichos protocolos o estándares parecen aún inexistentes, ya que distintos autores muestran gran interés por consensuar un protocolo de actuación común entre distintas instituciones y de esta manera ahorrar tiempo y esfuerzo y aumentar la efectividad y rapidez al integrar este tipo de metodologías en los planes de estudio actuales (Chen et al., 2015)(Obrecht et al., 2020). Estos estudios muestran experiencias y estrategias adoptadas en distintos centros, pudiendo observar resultados, tanto positivos como negativos y sus relaciones con el ámbito profesional (Charef et al., 2018)(Chong et al., 2017)(Martínez-Aires et al., 2018).

A parte de la necesidad de unificación de estándares entre instituciones para lograr una eficaz implementación y entrando más en profundidad, es importante destacar que la incorporación de una metodología en un plan de estudios no es únicamente la enseñanza de los distintos softwares. Esta metodología está basada en tecnología, la cual se enseña habitualmente en asignaturas de Expresión Gráfica Aplicada (EGA). Sin embargo, el objetivo es la utilización de la tecnología para mejorar los procesos de la construcción, no el aprendizaje de los softwares tecnológicos en sí. Por lo tanto, dentro de cada institución

también se debe enfocar de manera unificada entre distintas áreas de conocimiento, no únicamente en asignaturas de EGA (Vimonsatit & Htut, 2016)(Obrecht et al., 2020)(I. L. Cascante & Martínez, 2018b).

La educación está cambiando por el movimiento tecnológico e ideológico. El tecnológico para eliminar las barreras del flujo de información y el ideológico para las artificiales, las creadas por el hombre (Boton et al., 2018a). La complejidad de integración de esta metodología supone cambios significativos en el entorno educativo AEC. La actualmente escasa investigación científica en educación BIM se ha concentrado en profundizar criterios técnicos de la implementación en detrimento de aspectos de gestión de la metodología, siendo probablemente en punto más complejo e importante. Lo cual, es un problema grave a considerar si se desea una aplicación BIM adecuada (Oraee et al., 2017).

Este planteamiento hace que la literatura científica en este ámbito se posicione en crecimiento en los últimos años (Yusuf et al., 2016), lo que nos lleva a realizar un estudio exhaustivo actualizado de la literatura para analizar en qué medida se está investigando de forma científica el proceso de implantación en el ámbito académico AEC y comprobar si existen protocolos de actuación para las instituciones. La búsqueda de esta investigación se abre a todo el mundo para ver como lo están haciendo los distintos países (Charef et al., 2018)(Chen et al., 2015)(Obrecht et al., 2020)(Chong et al., 2017)(Martínez-Aires et al., 2018).

Dentro de este marco, la revisión sistemática se centra en narrar el estado del arte con respecto a cómo las Instituciones de Educación Superior (IES) están integrando la metodología BIM. Se realiza una revisión sistemática de la literatura para examinar métodos, prácticas, experiencias, protocolos de actuación y resultados. El foco de estudio no es demostrar la necesidad de implementar BIM en las instituciones, sino averiguar si se están evaluando y analizando los procesos de implementación. El objetivo es saber si existe una guía común estandarizada o se está investigando en ella para ayudar a las instituciones a formar a sus estudiantes AEC para que puedan integrar BIM en su futura práctica profesional de forma natural.

Realizar una revisión sistemática actualizada no sólo en cómo se está implementando BIM a nivel educativo, sino si se está evaluando dicha implementación, debe ayudar a cualquier institución a mejorar su propia propuesta de implantación, siendo este el hecho diferencial del presente artículo. Es una revisión de la literatura publicada en dos de las principales bases de datos, WOS y SCOPUS, para conocer los distintos enfoques y desarrollos de los distintos centros educativos a nivel en el período comprendido entre 2016 y 2020 (ambos incluidos).

2.4.1.2 Planificación del mapeo

Siguiendo ‘The Prisma Statement (Preferred Reporting Items for systematic reviews and Meta-Analyses)’ (Liberati et al., 2009)(Moher et al., 2011) y, con el objetivo de dar validez al estudio, en este capítulo se narra la revisión sistemática realizada. Se hace un estudio para clasificar y analizar los conceptos y aspectos que tratan de dar respuesta a los objetivos de investigación con la información encontrada en las publicaciones existentes hasta el momento, partiendo del año 2016 y finalizando en diciembre de 2020. Se realiza una revisión sistemática de literatura cualitativa, donde se clasifican y analizan los conceptos encontrados a partir de una discusión de los mismos estableciendo relaciones cualitativas.

El objetivo de este estudio es responder a algunas preguntas de investigación haciendo una revisión sistemática de las publicaciones en cuanto a la situación mundial de la integración BIM en el ámbito educativo. Dentro del ámbito educativo, el estudio se centra en la educación universitaria de los grados AEC por ser el ámbito en el que la implementación BIM es exigida en la industria. Las preguntas de investigación propuestas son:

- P.1: ¿Qué procesos o estrategias se están llevando a cabo para implementar BIM en los planes de estudio AEC del mundo?
- P.2: ¿Cómo se está analizando la viabilidad de dichas estrategias?
- P.3: ¿Existe o se está investigando en una guía de implementación BIM académica que sirva como referencia para los centros educativos?

En este punto es importante tener en cuenta que, cada centro tiene un plan de estudios distinto y cada país capacita y ejecuta la industria de la construcción de manera distinta, por lo que estrategias que en un lugar del mundo sean positivas, pueden no serlo en otro y viceversa. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la metodología BIM se está implantando a nivel global y los estudiantes cada vez hacen más estancias Erasmus en múltiples países (Al-Ashmori et al., 2020)(Jasiński, 2020). Por lo tanto, a pesar de estas diferencias, el objetivo es identificar y analizar qué acciones se están llevando a cabo explícitamente en las facultades de grados AEC para contribuir a que instituciones, centros y profesores tengan facilidades para capacitar al actual alumnado. Se buscan acciones individuales o en colaboración de universidades, revisiones de planes de estudio, experiencias de alumnado y profesorado y protocolos o estrategias de actuación.

Se consideran también, para la búsqueda en WOS y SCOPUS, estudios similares a esta investigación, revisiones de literatura orientadas a implementación BIM en grados universitarios, aunque serán descartados en la selección final por no dar respuesta a los objetivos específicos de esta investigación.

2.4.1.3 Cadena de búsqueda

Para llevar a cabo la revisión sistemática, se consideraron artículos de congreso o artículos desde el año 2016 hasta el presente, diciembre de 2020, en el ámbito educacional, focalizados en el desarrollo de nuevas tecnologías, en concreto, en el desarrollo de implantaciones BIM en los grados universitarios AEC. Para este efecto, y considerando su relevancia en el área educativa, se analizan las siguientes bases de datos: WOS y SCOPUS. En un principio se comenzó la búsqueda combinando cuatro de las siguientes palabras: BIM, Building Information Modeling, University, Students. Los resultados obtenidos eran numerosos artículos, donde la gran mayoría de ellos no se relacionaban directamente con el ámbito educativo debido a la gran cantidad de implementaciones BIM que se investigan a nivel de empresa profesional. Por ello, se decidió realizar la búsqueda en ambas plataformas incluyendo una quinta palabra de búsqueda: 'Education', y así poder focalizar los resultados al ámbito que consideramos de interés para este estudio, como se muestra en la Tabla 4.

Para evaluar la relevancia de cada estudio, se establecieron criterios de inclusión y exclusión basados en el contenido. Primero, se identificaron y excluyeron los artículos duplicados. En segundo lugar, se eliminaron aquellos que en su título o palabras clave no informaban sobre BIM en el ámbito AEC. Después, se eliminaron aquellos que en el resumen no estaban relacionados con el ámbito académico o educativo. Finalmente, se revisó el texto completo de los manuscritos restantes y se seleccionaron aquellos que discutían estrategias adoptadas para diseñar e implementar BIM concretamente en planes de estudio AEC. Las fases llevadas a cabo fueron las siguientes:

1. Ejecución de consultas en WOS y SCOPUS usando las palabras clave: BIM, Building Information Modeling, Education, University, Students, lo que arrojó un total de 89 resultados.
2. Eliminación de artículos duplicados, lo que redujo los resultados a un total de 68.
3. Revisión con respecto a títulos y palabras clave (aplicando los criterios de inclusión y exclusión).
4. Revisión respecto a resúmenes (aplicando también los criterios de inclusión y exclusión).
5. Revisión de los extensos y evaluación de la calidad (aplicando también los criterios de inclusión y exclusión).

Tabla 4. Términos y campos de búsqueda. Fuente: elaboración propia

| Base de datos | Términos de búsqueda | Campos |
|--------------------------|---|------------------|
| WOS | BIM Y 'Building Information Modeling' Y Education and University Y Students | Tema |
| SCOPUS | | Título-ABS-Clave |
| WOS búsqueda complete | (BIM) Y Tema: ('Building Information Modeling') Y Tema: (Education) Y Tema: (University) Y Tema: (Students). Rango temporal: 2016-2020 | |
| SCOPUS búsqueda complete | TÍTULO-ABS-CLAVE (BIM) Y TÍTULO-ABS-CLAVE (Building Information Modeling') Y TÍTULO-ABS-CLAVE (Education) Y TÍTULO-ABS-CLAVE (University) Y TÍTULO-ABS-CLAVE (Students) Y RANGO 2016 Y RANGO 2020 | |

2.4.1.4 Criterios de inclusión y exclusión

Los documentos debían explicar cómo se desarrolla la integración de estas metodologías en los planes de estudio. Como ya se ha mencionado, se realizó la búsqueda con las palabras clave BIM, Building Information Modeling, Education, University, Students, para reducir la cantidad artículos relacionados con implantaciones BIM en empresa. Una vez hecha la búsqueda, se excluyeron los artículos que no coincidían con los criterios de búsqueda de los títulos y palabras clave: artículos que no relacionaran directamente BIM con el entorno AEC. Después, se hizo una revisión de los resúmenes para descartar aquellos que no se referían a educación de forma general o que únicamente consideraba uno de los objetivos específicos: integración BIM en industria, entre otros. Posteriormente, tras revisar por completo los estudios, también se excluyeron aquellos estudios no relacionados con la educación superior y/o el objetivo principal que es el desarrollo de implementación BIM en los grados AEC. En esta última revisión se descartaron los relacionados con otras formaciones, como cursos de academia, masters o formación profesional. Es importante señalar que además de estudios de arquitectura y edificación, los estudios de ingeniería civil y gestión de la construcción fueron incluidos en los criterios de esta búsqueda por ser ámbitos del mismo sector (AEC) en otros países. Finalmente, los autores de este manuscrito han trabajado en paralelo en todas las fases con el fin de lograr mayor fiabilidad del estudio.

Tal y como muestra la Figura 29, la búsqueda inicial identifica 89 artículos para revisión, considerando ambas bases de datos y, tras la supresión de repeticiones, 68. En una primera etapa se revisaron títulos y palabras clave para realizar un primer filtrado. Se eliminaron 12 artículos. Posteriormente, se procedió a realizar una revisión del resumen de los artículos y se suprimieron 9 artículos que no estaban directamente relacionados con el estudio. Finalmente, se realizó una lectura completa de los documentos y se suprimieron 24, por no estar relacionado el objetivo del artículo, la de implantación en los grados concretos. Tras la revisión completa del texto, se descartan también las revisiones de literatura y los estudios teóricos que fueran exentos de resultados en la aplicación directa de la metodología en el ámbito educativo universitario.

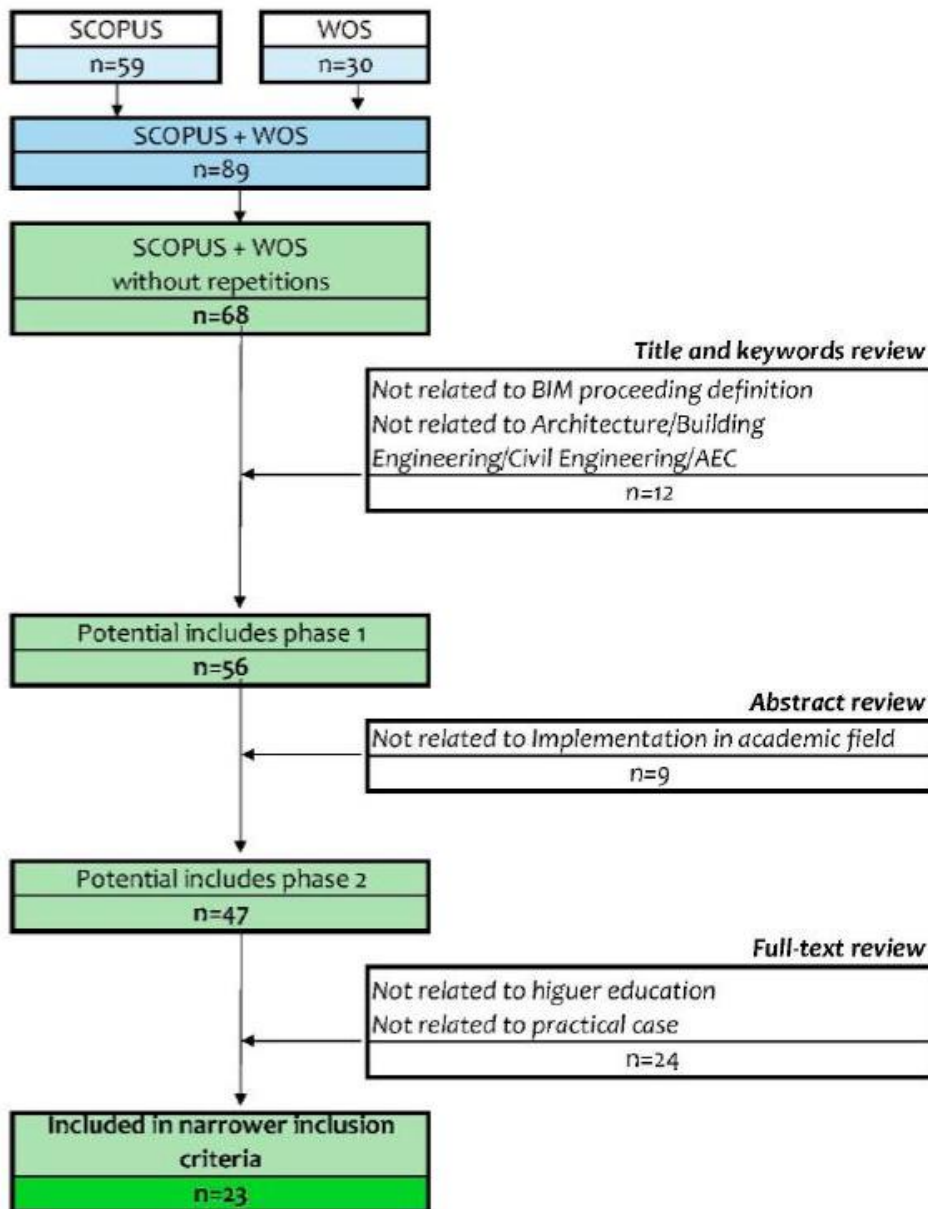


Figura 29. Diagrama de flujo de proceso de selección. Fuente: elaboración propia

2.4.1.5 Selección de literatura

Se identificaron los indicadores de la investigación para analizar los artículos seleccionados. Tal y como se muestra en los siguientes apartados, con gráficas, tablas y conclusiones, los indicadores se dividieron en 4 apartados para estudiar la información más relevante: descriptores de estudio (origen, año de publicación, tipo de documento, palabras

clave, lugar y ámbito de aplicación, tipo de tecnología), tipos de intervención (protocolos o estrategias de integración), métodos de evaluación (métodos de análisis de resultados docentes) y contenido del estudio (objetivo, método y resultados).

Una vez realizada la revisión del texto y, siguiendo el mencionado criterio de búsqueda, fueron seleccionados 23 artículos. Antes de realizar la lectura, se clasificaron los conceptos importantes de los que se quería obtener información para realizar los análisis de datos siguientes.

En primera instancia y, tal y como se observa en la Figura 30, existe un crecimiento significativo en cuanto a la publicación de artículos en el ámbito de estudio a partir de 2018. El estudio finalizó en diciembre de 2020 por lo que los datos de esta gráfica corresponden a información de años completos, donde puede observarse un aumento progresivo de publicaciones al respecto.

Se debe tener en cuenta la afectación que ha podido provocar la pandemia Covid-19 en los datos de esta gráfica, ya que ha podido verse repercutida en los resultados del año 2020.

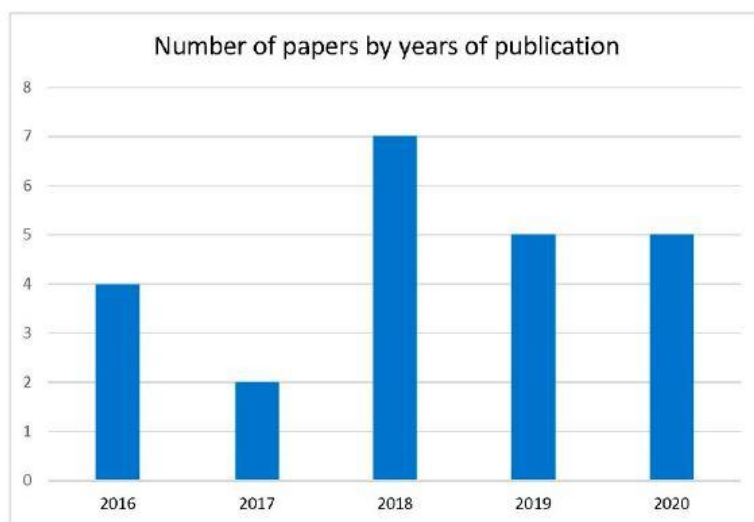


Figura 30. Número de documentos publicados por año de publicación. Fuente: elaboración propia

En la Tabla 5, se muestran las revistas científicas y conferencias en las que se han realizado las distintas publicaciones y el país de procedencia. Es necesario comprender cómo se está

llevando a cabo el proceso de implementación BIM en el ámbito educativo AEC a nivel global, por lo que se decide hacer un estudio general ampliando la búsqueda a nivel mundial. Se observa una gran heterogeneidad de países que han realizado publicaciones en el ámbito de estudio, teniendo en cuenta el tipo de enseñanza de cada país es difícil detectar qué artículos son más relevantes para la aplicación de esta metodología en nuestro país. Como se puede observar en la Table 3.a la afiliación de autores es amplia y diversa. Clasificados de mayor a menor, hubo 5 artículos de EE UU, 3 de China, 3 de Reino Unido y 1 de otros 12 países (5 de Europa, 2 de Norteamérica, 2 de Oriente Medio, 1 de Sudamérica, 1 de Australia y 1 de Rusia). Como se muestra en la Table 3.b, se presentaron y publicaron 3 artículos en ASEE Annual Conference and Exposition; 2 en Engineering, Construction and Architectural Management; 2 en IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications; 2 en Journal of Information Technology in Construction; los restantes se publicaron en 14 revistas y actas distintas.

Tabla 5. Afiliación del investigador y revista/conferencia de publicación. Fuente: elaboración propia

| Doc. | País de investigación | Doc. | Revista/Congreso |
|---|-----------------------|---|--|
| (Hailer et al., 2019)(Davis et al., 2018)(Leite, 2016)(Otey et al., 2019)(Palomera-Arias & Liu, 2016) | EEUU | (Zakharova et al., 2020) | Acta Polytechnica Hungarica |
| (Jin et al., 2018)(Wang et al., 2020)(Zhang et al., 2020) | China | (Sánchez et al., 2019b) | Applied Sciences (Switzerland) |
| (Comiskey et al., 2017)(Jin et al., 2019)(Swallow & Zulu, 2019b) | United Kingdom | (Comiskey et al., 2017) | Architectural Engineering and Design Management |
| (Boton et al., 2018a) | Canada | (Davis et al., 2018)(Otey et al., 2019)(Sanchez et al., 2020) | ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings |
| (Zieliński & Wójtowicz, 2019) | Poland | (Vimonsatit & Htut, 2016) | Australasian Journal of Engineering Education |
| (Ferrandiz et al., 2018) | Emirates | (Boton et al., 2018a) | Canadian Journal of Civil Engineering |
| (Mesaroš et al., 2018) | Croatia | (Jin et al., 2018)(Jin et al., 2019) | Engineering, Construction and Architectural Management |
| (Lassen et al., 2018) | Norway | (Mesaroš et al., 2018)(Strukova et al., 2018) | ICETA 2018-16 th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications, Proceedings |

| | | | |
|---------------------------|-----------|---|--|
| (Sanchez et al., 2020) | Mexico | (Zhang et al., 2020) | International Journal of Engineering Education |
| (Sánchez et al., 2019b) | Spain | (Lassen et al., 2018) | International Journal of Sustainable Development and Planning |
| (Sotelino et al., 2020) | Brazil | (Sotelino et al., 2020) | Journal of Civil Engineering Education |
| (Strukova et al., 2018) | Slovakia | (Swallow & Zulu, 2019b) | Journal of Engineering, Design and Technology |
| (Turkyilmaz, 2016) | Turkey | (Leite, 2016)(Palomera-Arias & Liu, 2016) | Journal of Information Technology in Construction |
| (Vimonsatit & Htut, 2016) | Australia | (Wang et al., 2020) | KSCE Journal of Civil Engineering |
| (Zakharova et al., 2020) | Russia | (Turkyilmaz, 2016) | MEGARON/Yildiz Technical University, Faculty of Architecture E-Journal |
| | | (Hailer et al., 2019) | Proceedings, Annual Conference-Canadian Society for Civil Engineering |
| | | (Ferrandiz et al., 2018) | Universal Access in the Information Society |
| | | (Zieliński & Wójtowicz, 2019) | World Transaction on Engineering and Technology Education |
| (a) | | | (b) |

2.4.2 Resultados del mapeo sistemático

2.4.2.1 Tipo de intervención

Este apartado trata de dar respuesta a la primera pregunta de investigación, ¿qué procesos o estrategias se están llevando a cabo para implementar BIM en planes de estudio de grados AEC del mundo? Para la búsqueda de resultados, era importante clasificar las publicaciones por tipo de intervención y así realizar comparaciones y similitudes. Tal y como se observa en la Tabla 6, la clasificación se hizo considerando 4 tipos de intervención: (A) Guías académicas, (B) Revisión de planes de estudio, (C) Diseño de plan/protocolo propio y (D) Incorporación en un curso/proyecto/actividad. Las cuales, se detallan a continuación:

- (A) Guías académicas: se redactan guías académicas para alumnado y/o profesorado para dar soporte en el proceso de aprendizaje BIM, en asignaturas de EGA y/o en otras.
- (B) Revisión de planes de estudio: se ha revisado y/o modificado el plan de estudios o parte de él para una mejor integración BIM.
- (C) Diseño de plan/protocolo: se ha diseñado un plan/protocolo propio de implementación BIM directamente ligado al tipo de enseñanza de su centro.
- (D) Incorporación en un curso/proyecto/actividad: se ha introducido enseñanza BIM en una asignatura obligatoria u optativa, en un proyecto transversal o en una actividad concreta (concurso, curso externo...).

Se han descartado todos los estudios únicamente teóricos, los que no han realizado intervenciones reales, ya que el objetivo de esta revisión es evaluar los procedimientos y resultados de las propuestas más que plantear la necesidad o no de dicha integración.

Tabla 6. Clasificación de artículos por Tipo de Intervención. Fuente: elaboración propia

| Autor-Tipo de intervención | A | B | C | D |
|--|---|---|---|---|
| Boton, Forgues, Halin (2018) (Boton et al., 2018a) | | X | X | X |
| Comiskey, McKane, Jaffrey, Wilson, Mordue (2017) (Comiskey et al., 2017) | | | | X |
| Ferrandiz, Banawi, Peña (2017) (Ferrandiz et al., 2018) | | | | X |
| Hailer, Cribbs, Kline (2019) (Hailer et al., 2019) | | | X | X |
| Jin, Piroozfar, Wanatowski, Tang (2018) (Jin et al., 2018) | | | | X |
| Jin, Zou, Piroozfar, Bo, Painting (2018) (Jin et al., 2019) | | | X | X |
| Lassen, Hjelseth, Tollnes (2018) (Lassen et al., 2018) | | | | X |
| Lee Davis, Vassigh (2018) (Davis et al., 2018) | | | | X |
| Leite (2016) (Leite, 2016) | X | | | X |
| Mesároš, Mandičák, Vukomanović, Kolarić (2018) (Mesaroš et al., 2018) | | | | X |
| Otey, Camba, Daney (2019) (Otey et al., 2019) | | | X | |
| Palomera-Arias, Liu (2016) (Palomera-Arias & Liu, 2016) | | X | | X |
| Sanchez, Ballinas-Gonzalez, Rodriguez-Paz, Nolzco-Flores (2020) (Sanchez et al., 2020) | | | | X |
| Sánchez, Gonzalez-Gaya, Zulueta, Sampaio (2019) (Sánchez et al., 2019b) | | X | X | X |
| Sotelino, Natividade, Travassos do Carmo (2020) (Sotelino et al., 2020) | | X | X | X |
| Struková, Bašková, Krajníková (2018) (Strukova et al., 2018) | | | | X |
| Swallow, Zulu (2019) (Swallow & Zulu, 2019b) | | | | X |
| Türkyilmaz (2016) (Turkyilmaz, 2016) | | | | X |
| Vilmontatit, Htut (2018) (Vilmontatit & Htut, 2016) | | | | X |
| Wang, Yan, Fan, Jin, Yang, Kapogiannis (2020) (Wang et al., 2020) | | | | X |

| | | |
|---|---|---|
| Zakharova, Kruglikov, Petunin (2020) (Zakharova et al., 2020) | X | X |
| Zhang, Zhao, Wang, Li, Huijser (2020) (Zhang et al., 2020) | | X |
| Zielinski, Wójtowicz (2019) (Zieliński & Wójtowicz, 2019) | | X |

Como resultado, se pudo observar que la mayoría de trabajos abordan intervenciones relacionadas con la incorporación de la metodología en un proyecto o actividad concreta dentro de un curso. En el lado opuesto, se puede observar que únicamente 4 plantean la revisión completa del plan de estudios y únicamente 1 la realización o modificación de guías docentes para ayudar en el proceso de integración.

2.4.2.2 Métodos de evaluación

Otro punto relevante y muy relacionado con el anterior, era obtener información sobre la manera en la que se han evaluado dichas intervenciones y así dar respuesta a la segunda pregunta de investigación, ¿cómo se está analizando la viabilidad de dichas estrategias? Como se muestra en la tabla 7, se decidió hacer una clasificación con los siguientes puntos por ser procesos comunes en evaluaciones docentes: (A) Project Based Learning (PBL), (B) Experiencias a través de encuestas, (C) Experiencias a través de entrevistas. Los cuales, se detallan a continuación:

- (A) Project Based Learning: se analiza el proceso de aprendizaje de los estudiantes a través de su evolución y/o comparación de notas.
- (B) Experiencias a través de encuestas: se analizan resultados de encuestas de satisfacción a alumnado y/o profesorado.
- (C) Experiencias a través de entrevistas: se analizan resultados a través de entrevistas a alumnado y/o profesorado

Tabla 7. Clasificación de artículos por Tipo de Evaluación. Fuente: elaboración propia

| Autor-Tipo de evaluación | A | B | C |
|--|---|---|---|
| Boton, Forgues, Halin (2018) (Boton et al., 2018a) | X | X | |
| Comiskey, McKane, Jaffrey, Wilson, Mordue (2017) (Comiskey et al., 2017) | X | | |
| Ferrandiz, Banawi, Peña (2017) (Ferrandiz et al., 2018) | | X | X |
| Hailer, Cribbs, Kline (2019) (Hailer et al., 2019) | | X | |
| Jin, Piroozfar, Wanatowski, Tang (2018) (Jin et al., 2018) | X | X | |

| | | | |
|--|---|---|---|
| Jin, Zou, Piroozfar, Bo, Painting (2018) (Jin et al., 2019) | X | | |
| Lassen, Hjelseth, Tollnes (2018) (Lassen et al., 2018) | X | | |
| Lee Davis, Vassigh (2018) (Davis et al., 2018) | X | X | |
| Leite (2016) (Leite, 2016) | X | X | |
| Mesároš, Mandičák, Vukomanović, Kolarić (2018) (Mesaroš et al., 2018) | X | | |
| Otey, Camba, Daney (2019) (Otey et al., 2019) | X | | |
| Palomera-Arias, Liu (2016) (Palomera-Arias & Liu, 2016) | X | | |
| Sanchez, Ballinas-Gonzalez, Rodriguez-Paz, Nolzco-Flores (2020) (Sanchez et al., 2020) | X | X | |
| Sánchez, Gonzalez-Gaya, Zulueta, Sampaio (2019) (Sánchez et al., 2019b) | X | X | |
| Sotelino, Natividade, Travassos do Carmo (2020) (Sotelino et al., 2020) | X | X | X |
| Struková, Bašková, Krajníková (2018)(Strukova et al., 2018) | X | X | |
| Swallow, Zulu (2019)(Swallow & Zulu, 2019b) | X | | |
| Türkyilmaz (2016) (Turkyilmaz, 2016) | X | | |
| Vilmonsatit, Htut (2018) (Vilmonsatit & Htut, 2016) | X | X | |
| Wang, Yan, Fan, Jin, Yang, Kapogiannis (2020) (Wang et al., 2020) | X | X | |
| Zakharova, Kruglíkov, Petunin (2020) (Zakharova et al., 2020) | X | | |
| Zhang, Zhao, Wang, Li, Huijser (2020) (Zhang et al., 2020) | X | X | |
| Zielinski, Wójtowicz (2019) (Zieliński & Wójtowicz, 2019) | X | | |

Como resultado, destacan las publicaciones que evaluaron sus intervenciones a través de encuestas, la mayoría de ellas focalizadas en el alumnado y únicamente algunas de ellas en alumnado y profesorado. En el lado opuesto se observa la evaluación a través de entrevistas. En una posición más equitativa se encuentran los artículos que centraron su atención en la integración a través de PBL, evaluando posteriormente en forma de encuestas a alumnado y profesorado.

2.4.2.3 Contenido de estudio: Objetivos, método desarrollado y resultados obtenidos

Finalmente, en este apartado se ha recogido el contenido de estudio de los 23 artículos analizados. Por un lado, el objetivo principal de su estudio y los dos puntos anteriores de cada caso de forma individual y detallada. Es decir, la explicación del método principal utilizado y el tipo de evaluación. Se recogen los resultados obtenidos por los autores, tanto positivos como negativos.

Por otro lado, se trata también de buscar si han realizado no algún tipo de evaluación centrado en analizar su método de integración BIM para darle validez y poder dar respuesta

a la tercera pregunta de investigación, ¿existe o se está investigando en una guía de implantación BIM académica que sirva como referencia para los centros educativos?

En este apartado, ver Tabla 8, es necesario aclarar que no son el foco los estudios que tienen como objeto demostrar que BIM es necesario en las universidades. Se buscan casos que hayan evaluado el proceso de implantación en sí mismo durante un periodo de tiempo o hayan realizado comparaciones entre distintas estrategias de implantación que puedan dar lugar a buenas prácticas para que otras instituciones puedan beneficiarse.

Como consecuencia, también se buscan estudios que hayan trabajado en una guía común estandarizada o bien hayan investigado en ella.

Tabla 8. Clasificación de artículos seleccionados por Método y Resultados. Fuente: elaboración propia

| Autores, Año, Referencia y Descripción Resumida. Método Desarrollado y Resultados Obtenidos |
|---|
| <p>Boton, Forgues, Halin (2018) (Boton et al., 2018a) realizan un estudio teórico y reflexivo previo sobre implementaciones en el ámbito académico, basado en competencias. Después realizan una propuesta para el plan de estudios, un estudio de caso transversal involucrando a estudiantes, docentes e investigadores. Participaron con la industria, buscando bidireccionalidad entre industria y universidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Método: Proponen un marco compuesto de 3 aspectos principales: las habilidades que deben adquirir los estudiantes, enfoque de enseñanza a adoptar y la estrategia de implementación. En el primero, se definen las competencias, el nivel de educación y conocimientos específicos BIM. En el segundo, métodos de enseñanza, de evaluación y entorno tecnológico. En el tercero, se realiza una primera aproximación, un timing y una bidireccionalidad con la industria. Con este marco propuesto (en constante evolución y mejora), se realiza un caso de estudio y se evalúa a ambos grupos, industria y universidad. • Resultados: El marco propuesto por los autores puede servir de guía para otras universidades y buscar una sinergia entre distintas instituciones, ya que engloba todos los aspectos necesarios para la integración de BIM en la universidad. El enfoque gradual adoptado para la mejora continua es un aspecto positivo, demuestran la efectividad del intercambio bidireccional entre industria y universidad y recalcan la necesidad de vínculos entre docentes e investigadores BIM para mantener el programa de contenido actualizado. En cuanto a las limitaciones, destacan la falta de participación de la administración y la gestión de la universidad. La fragmentación entre la investigación, la docencia y las estructuras pedagógicas tampoco facilitan este tipo de cambios, por lo que el apoyo de la dirección y la administración es clave para superar la resistencia al cambio. |
| <p>Comiskey, McKane, Jaffrey, Wilson, Mordue (2017) (Comiskey et al., 2017) realizaron un estudio longitudinal que experimentó con tres plataformas de entorno colaborativo diferentes para la entrega de un proyecto BIM multidisciplinario de estudiantes de grado, ya que consideraban que la integración BIM no tenía sentido sin el enfoque del trabajo colaborativo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Método: Durante un periodo de 3 años se realizaron descripciones de experiencias para comprender los beneficios e inconvenientes de las diferentes plataformas de intercambio de datos en un entorno académico. Se utiliza un método de análisis temático para identificar tendencias y delinear problemas en las distintas plataformas. Posteriormente se realizó una síntesis de casos cruzados para analizar conclusiones específicas. En |

un principio, se desarrollaría un único módulo que tuviera resultados de aprendizaje comunes para todos los estudiantes involucrados, independientemente de su programa de estudio. Sin embargo, generó desafíos de evaluación ya que las calificaciones y los aspectos clave del entorno colaborativo no eran semejantes.

- **Resultados:** El estudio se basa en las plataformas de intercambio de datos para la integración BIM en el entorno académico. Como punto de partida es un ejemplo útil, ya que no sólo muestran el uso de las distintas herramientas sino la interoperabilidad de softwares y la colaboración entre agentes, la base en la que se asienta BIM. También recomiendan el uso de documentos Bim Execution Plan (BEP) o guías para respaldar este tipo de procesos.

Ferrandiz, Banawi, Peña (2017) (Ferrandiz et al., 2018) realizan un estudio centrado en la implementación BIM en un curso de construcción dentro del plan de estudios AEC para observar si el curso debe modificarse al adaptarse a esta nueva tecnología. El foco no es la implementación BIM en el plan de estudios de forma global, sino el cambio de CAD a BIM en un área concreta.

- **Método:** El curso se divide en 3 grupos de estudiantes para comparar su desempeño, uno de ellos es el que introduce la variable. Se realiza un pretest y una vez terminado el curso se entrevista a los estudiantes para comprender su motivación/satisfacción.
- **Resultados:** A medida que los estudiantes mejoran sus habilidades con el software, su motivación en el uso de estas tecnologías aumenta. El estudio habla de un curso de construcción concreto, no mencionando cambios en el plan de estudios o protocolos de implementación de forma transversal.

Hailer, Cribbs, Kline (2019) (Hailer et al., 2019) realizan, con gran variedad e interoperabilidad de softwares, una comparación entre 2 escuelas que realizan incorporaciones distintas en sus planes de estudio y así proporcionar una base para desarrollar un plan de estudios estandarizado e integrado con BIM.

- **Método:** Ambas escuelas presentan un esquema temático para la introducción de BIM en su plan de estudios, el software utilizado en ambas es similar y el enfoque pedagógico también, ya que son escuelas que habitualmente colaboran. Posteriormente, los estudiantes aplican los conocimientos en sesiones de laboratorio. Existen algunas diferencias en el método. El laboratorio en una de ellas es un espacio dedicado a BIM, mientras que en la otra está abierto a todas las especialidades del grado. Los resultados se analizan a través de encuestas y evaluaciones del alumnado.
- **Resultados:** Aunque la base de implementación es similar existen pequeñas diferencias en ambas escuelas. Ha sido útil la comparación entre ellas y recalcan la importancia de seguir realizando comparaciones para refinar continuamente los materiales de impartición. Este estudio demuestra la importancia de la colaboración entre distintas instituciones para la correcta integración BIM en el ámbito educativo.

Jin, Piroozfar, Wanatowski, Tang (2018) (Jin et al., 2018) realizan un estudio tiene como objetivo presentar una práctica pedagógica de aprendizaje basado en proyectos mediante la interoperabilidad BIM en edificios interdisciplinarios.

- **Método:** Se realiza un estudio exhaustivo de casos pedagógicos anteriores de educación basada en BIM, una revisión de literatura. Posteriormente se realiza un proyecto interdisciplinario entre distintos equipos de distintas disciplinas AEC para realizar un estudio de caso y comparar las percepciones del alumnado con las de los profesionales de la industria.
- **Resultados:** El estudio muestra la capacidad de BIM para permitir la colaboración interdisciplinaria en distintos ámbitos y mejorar la comunicación. Sin embargo, hubo limitaciones pedagógicas en cuanto a la interoperabilidad entre softwares. El estudio se centra en cómo el PBL interdisciplinario mejora el aprendizaje BIM, no tanto en la evaluación de métodos de integración en los planes de estudio.

Jin, Zou, Piroozfar, Bo, Painting (2018) (Jin et al., 2019) realizan una comparación entre 3 escuelas de distintos países que habían utilizado BIM de forma activa durante varios años, el objetivo era buscar sinergia entre ellas para demostrar la falta de coordinación interinstitucional y fortalecer la conexión entre educación institucional y las necesidades prácticas de la industria.

- **Método:** Este estudio utiliza un estudio de caso para comparar métodos de y percepciones de 3 países: Reino Unido, Australia y China. Todos ellos son representantes de las principales universidades de su país de origen, habían estado implementando activamente BIM en los últimos años y estaban interesadas en llevar a cabo una investigación pedagógica BIM. Incluye contenidos de enseñanza y los métodos de evaluación de cada una de las instituciones para ver cómo el enfoque pedagógico afectaría las percepciones de los estudiantes
- **Resultados:** Es un estudio interesante por la explicación de los distintos métodos aplicados en las distintas universidades y su posterior comparación en las percepciones del alumnado, teniendo en cuenta las diferencias demográficas y pedagógicas. Muestran las diferencias de resultados entre las 3 instituciones y destacan la necesidad de una conexión más estrecha entre educadores e instituciones para establecer una visión conjunta y más sólida. El estudio podría servir como ejemplo para universidades que se encuentren en procesos de implantación.

Lassen, Hjelseth, Tollnes (2018) (Lassen et al., 2018) analizan la integración BIM en dos programas de estudios (Ingeniería Civil y Estructural y Energía y Ambiente Interior en Edificios), donde toman un curso introductorio para familiarizar a los estudiantes con el trabajo colaborativo y tecnológico de la industria.

- **Método:** El curso introductorio de 10 ECTS, se realiza en el primer semestre y el método de análisis se basa en datos recopilados de un cuestionario y una evaluación del curso para evaluar los conocimientos y habilidades adquiridas.
- **Resultados:** Destacan, en la percepción de los estudiantes, la importancia del trabajo colaborativo. Se muestran los resultados de la integración BIM en un curso introductorio y, aunque son satisfactorios, no es un estudio basado en el análisis de métodos o protocolos de integración.

Lee Davis, Vassigh (2018) (Davis et al., 2018) presentan un proyecto de investigación interdisciplinario que involucra a estudiantes de Arquitectura, Construcción e Ingeniería Mecánica integrando tecnologías de realidad virtual y aumentada con BIM. Se centra en el aprendizaje experimental y en la importancia de la colaboración interdisciplinaria.

- **Método:** El proyecto constaba de un grupo de control y 2 experimentales en tres cursos independientes en todas las disciplinas de la Arquitectura, Construcción y Mecánica Ingeniería, impartidos dentro de sus departamentos de origen con los instructores de disciplinas específicas. Se realizaron encuestas previas y posteriores para evaluar el aprendizaje colaborativo y se realizaron también encuestas posteriores a los estudiantes.
- **Resultados:** El aprendizaje colaborativo que implica interacciones entre dominios e interdisciplinarios puede ser desafiante de implementar, pero con la orientación y las herramientas adecuadas mejoraron el aprendizaje colaborativo en áreas en las que la interacción de equipos es esencial. El estudio está centrado en RA-RV en equipos interdisciplinarios. Sin embargo, no realiza un análisis de métodos/protocolos de implementación BIM en los planes de estudio.

Leite (2016) (Leite, 2016) expone un curso de PBL realizado desde 2010 y en mejora continua donde los estudiantes adquieren conocimientos BIM.

- **Método:** Los instructores agregan contenido nuevo cada curso a través de sus investigaciones en el campo. El curso, a diferencia de años anteriores, está orientado a metodología, a entender BIM como procesos de gestión, no sólo como tecnología. El foco no es el software. El estudio muestra detalladamente la organización del curso (conferencias de la industria, estudios de caso, sesiones teóricas, sesiones prácticas) y los métodos educativos (objetivos de aprendizaje, rúbricas, evaluaciones). Se realiza una evaluación basada en rúbricas y encuestas al final de cada laboratorio para alumnado y profesorado.
 - **Resultados:** La participación de la industria, el PBL y la relación entre la investigación y la mejora docente continua son puntos importantes a tener en cuenta para la mejora del aprendizaje BIM. Enfocar la implementación hacia
-

los procesos BIM y no hacia el conocimiento del software puede ser de ayuda para otras instituciones en proceso de implementación BIM.

Mesároš, Mandičák, Vukomanović, Kolarić (2018) (Mesaroš et al., 2018) realizan una comparación de uso BIM en la industria de Eslovaquia y Croacia y posteriormente comparan la impartición BIM de 2 universidades, una eslovaca y otra croata.

- **Método:** Realizan un análisis teórico inicial a través de encuestas y explican detalladamente las diferencias encontradas en la impartición BIM en ambas universidades, teniendo en cuenta las diferencias que existen en la industria de cada país.
- **Resultados:** Eslovaquia se encuentra en etapa muy temprana, han mejorado la enseñanza BIM en el ámbito educativo, pero aún los conocimientos son más teóricos que prácticos. Zagreb es únicamente un curso, por lo que falta la integración en más cursos, ya que faltan conocimientos de coordinación, interoperabilidad y detección de conflictos. Como punto de partida es interesante la comparación previa entre la industria de ambos países para posteriormente comparar los resultados académicos de 2 universidades. Sin embargo, el estudio no profundiza en la comparación de metodologías de integración entre ambas universidades.

Otey, Camba, Daney (2019) (Otey et al., 2019), debido a que incluir BIM en el departamento gráfico era importante pero no suficiente, diseñaron un plan de implantación en el plan de estudios centrado en edificios de desarrollo territorial.

- **Método:** Se realizaron varias versiones del diseño de implantación, se realizó un mapa curricular y se habló con instructores de otras áreas para que el cuerpo docente ayudara en el desarrollo de nuevas clases BIM. También se realizaron plantillas para otras asignaturas y se ofrecieron horas de laboratorio. Las actualizaciones del plan de implantación se fueron analizando a través de encuestas.
- **Resultados:** Los estudiantes mejoraron habilidades de visualización, entre otras cosas. Sin embargo, hubo dificultades para la integración. Las asignaturas gráficas no tenían suficientes créditos y los cursos extracurriculares no podían incluirse en plan de estudios. El profesorado de distintas áreas no deseaba este tipo de integración en sus asignaturas por falta de tiempo, y por no estar familiarizados con las distintas tecnologías, era entonces el alumno el que decidía usarlas o no. El estudio recalca la necesidad de colaboración y plantea soluciones a las dificultades habituales de este tipo de integración en los planes de estudio. Lo cual, puede servir de apoyo para otras instituciones.

Palomera-Arias, Liu (2016) (Palomera-Arias & Liu, 2016) presentan una modificación del plan de estudios para incluir BIM en Construction Science and Management. También explican en detalle el curso de laboratorio, cómo era sin BIM y cómo, desde 2015, es con BIM.

- **Método:** La integración se realiza a través de 3 cursos. El primero, conceptos fundamentales BIM en 3º, después realizan un ejercicio de laboratorio incluyendo Sistemas Mecánicos, Eléctricos y de Plomería (MEP) y, por último, deben usar BIM en su proyecto final. Se evalúa la percepción de los estudiantes a través de encuestas y evaluaciones.
- **Resultados:** La mayoría de los estudiantes sienten que BIM es positivo como parte del curso y que los problemas conducen al aprendizaje y que el conocimiento de los sistemas BIM y MEP son habilidades necesarias su profesión. El artículo explica cómo se modifica el plan de estudios para la integración BIM, pero está focalizado en resultados sobre la percepción de alumnos en cuanto al aprendizaje BIM-MEP, no en el objetivo de este estudio que es analizar los métodos/protocolos de integración.

Sanchez, Ballinas-Gonzalez, Rodriguez-Paz, Nolasco-Flores (2020) (Sanchez et al., 2020) analizan el uso de BIM para mejorar la educación en el diseño de edificios sostenibles a través de PBL, siendo, el plan a largo plazo, desarrollar un plan de estudios alternativo.

- **Método:** Primero, se acercó a los estudiantes a la literatura sobre BIM. En la segunda etapa, desarrollaron un proyecto con enfoque de ciudadanía transversal que se evaluó mediante una rúbrica establecida. Posteriormente se realizó una encuesta de satisfacción para evaluar los resultados.
- **Resultados:** Los resultados muestran una mejora del 20% en los resultados de aprendizaje de los estudiantes y demuestra la efectividad de utilizar BIM como herramienta didáctica. El estudio puede servir como base para un mapa inicial de implementación en primeras etapas, ya que se integra al estudiante desde un inicio, previo al desarrollo del proyecto.

Sánchez, Gonzalez-Gaya, Zulueta, Sampaio (2019) (Sánchez et al., 2019b) realizan una propuesta de incorporación BIM en varios grados de ingeniería industrial y posteriormente analizan los resultados de los distintos itinerarios.

- **Método:** La implementación se realiza en dos fases. La primera, formación obligatoria en 2º curso de todos los grados de ingeniería industrial. La segunda, formación especializada optativa en 4º curso de las distintas titulaciones y obligatoria en una de ellas. Muestran cómo confluyen los distintos aprendizajes según el itinerario del alumno y explican detalladamente el proceso. Posteriormente analizan percepciones exhaustivamente según fases y conocimientos.
- **Resultados:** Los resultados son positivos. De todas formas, recalcan la necesidad de continuar evaluando en próximos cursos para probar validez de sus propuestas. El artículo responde al objetivo inicial de este estudio, pudiendo servir como ejemplo de propuestas procesos de implantación con distintos itinerarios de alumnado.

Sotelino, Natividade, Travassos do Carmo (2020) (Sotelino et al., 2020) culminan con este artículo la experiencia de 6 años de una implementación BIM con varias titulaciones involucradas para describir desafíos y éxitos del enfoque adoptado. El trabajo es parte de un esfuerzo mayor para incorporar el concepto de IPD y BIM al plan de estudios en la Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) y desarrollar un plan de estudios alternativo.

- **Método:** Tienen la intención de comprender empíricamente cómo la enseñanza BIM afectaría a los estudiantes en su vida profesional. Explican el objetivo a largo plazo y el desarrollo del curso piloto que se ofreció en 2012. Después muestran los desafíos y éxitos del enfoque adoptado mediante un análisis llevado a cabo con estudiantes a través de encuestas en formato de entrevistas. Finalizan con una línea de trabajo futura en la que ya están trabajando, un nuevo plan de estudios basado en BIM AEC que influirá en disciplinas de ingeniería y arquitectura.
- **Resultados:** Destacan la falta de personal BIM adecuadamente capacitado y la incapacidad de comprender que BIM es una metodología. Enfatizan la necesidad de la correcta y estructurada identificación de competencias y la importancia de que la educación BIM debe ser considerada como una responsabilidad compartida entre la academia y la industria para poder implementar BIM de forma eficiente. El artículo responde al objeto de este estudio, pudiendo servir como ejemplo para otras instituciones en la misma situación.

Struková, Bašková, Krajníková (2018) (Strukova et al., 2018) presentan un estudio donde el objetivo es analizar las actividades motivacionales para mejorar la conciencia BIM de los graduados.

- **Método:** Desarrollan primero un estudio de literatura. A través de implementar BIM realizan evaluaciones a través de encuestas durante varios años y así comparar la percepción de los estudiantes con distinto conocimiento BIM.
- **Resultados:** Como resultado concluyen que el conjunto de actividades motivacionales realizadas aún no ha afectado significativamente. El estudio coincide con el objetivo de esta investigación (analizar el desarrollo de la implementación BIM y sus procesos) pero aún es inmaduro por estar en fase inicial. Además, se centra en la formación BIM a través de PBL, exponiendo de forma superficial la estrategia global de implementación.

Swallow, Zulu (2019) (Swallow & Zulu, 2019b) muestran un estudio sobre la incorporación BIM 4D en estudios de seguridad y salud.

- **Método:** Adoptaron un enfoque cuasiexperimental en forma de cuestionarios para evaluar las percepciones de los estudiantes antes y después de la integración en 2 grupos, uno mediante BIM y otro no.
-

- **Resultados:** Los estudiantes del grupo con BIM demostraron un mayor conocimiento tanto de BIM como de 4D que el grupo sin BIM. El estudio destaca la importancia de la integración BIM en la educación de los profesionales de la industria, pero no analiza los métodos o protocolos de integración.

Türkyılmaz (2016) (Turkyılmaz, 2016) presenta la percepción de los estudiantes en una asignatura optativa que incluye conocimientos BIM aplicados al proceso de diseño.

- **Método:** Es un curso que se imparte desde 2007, el artículo presenta detalladamente el funcionamiento del mismo. Se realiza un cuestionario de 10 preguntas al alumnado para evaluar sus percepciones.
- **Resultados:** A pesar de los beneficios que demuestran por el aumento de percepción espacial en el alumnado, el objetivo del estudio no son métodos de integración en plan de estudios o la realización de actividades transversales, sino de percepciones del alumnado en un curso concreto.

Vilmonsatit, Htut (2018) (Vilmonsatit & Htut, 2016) presentan un estudio donde BIM se introdujo en 2 asignaturas de ingeniería civil y se ofreció de forma opcional usarlo en un proyecto de último curso, con un enfoque más colaborativo.

- **Método:** Para analizar el caso de estudio pasaron encuestas a alumnos de 4º curso. El artículo explica detalladamente el objetivo de cada pregunta y la respuesta de los estudiantes, finalizando con una pregunta abierta en la que proporcionaban comentarios.
- **Resultados:** Los autores demuestran la necesidad de incorporar BIM mediante un estudio exhaustivo de cada pregunta del cuestionario, utilizando la metodología BIM como herramienta de aprendizaje para obtener resultados de aprendizaje. El estudio no focaliza en cómo se debe integrar la metodología en el plan de estudios, sino en si se debe hacer o no.

Wang, Yan, Fan, Jin, Yang, Kapogiannis (2020) (Wang et al., 2020) realizan una revisión de literatura y plantean un proyecto dividido en 4 subgrupos con distinto aprendizaje BIM.

- **Método:** Explican detalladamente las tareas de los distintos subgrupos y analizan el seguimiento a través de encuestas
- **Resultados:** El estudio contribuyó al cuerpo docente prácticamente y teóricamente. Sin embargo, el estudio se limita a la auto recepción de los estudiantes sobre los efectos BIM según el subgrupo, realizando una comparación entre ellos. No se analizan los métodos aplicados de integración BIM, los autores mencionan la importancia de recopilar percepciones más adelante, rastreando sus evaluaciones en el entorno laboral.

Zakharova, Kruglikov, Petunin (2020) (Zakharova et al., 2020) describen las competencias que debe poseer una universidad mediante un análisis exhaustivo y basado en el nexo entre BIM y Green Buildings.

- **Método:** Realizan un análisis de literatura extenso sobre BIM y Green Buildings y proponen una herramienta para evaluar la construcción ecológica extrayendo datos de modelos BIM. Describen el enfoque con el que realizaron la implantación, destacando los métodos prácticos y la colaboración entre los estudiantes y las empresas. Posteriormente muestran los resultados de los proyectos.
- **Resultados:** Los alumnos han recibido premios y certificaciones por estos trabajos, por lo que los resultados son buenos. De todas formas, el estudio está orientado a evaluar los resultados de la aplicación Green BIM, más que a evaluar los procesos y desarrollo de la implementación en sí misma.

Zhang, Zhao, Wang, Li, Huijser (2020) (Zhang et al., 2020) presentan un estudio con el objetivo de desarrollar un marco de evaluación para mejorar BIM interdisciplinario en educación en ingeniería vial.

- **Método:** Realizan primero una revisión de literatura, donde obtienen la importancia de la interdisciplinariedad de la educación BIM. Estudian y comparan distintos modelos de evaluación y deciden utilizar modelo Context Input Process Product (CIPP). Dividen el estudio de caso en 4 etapas y posteriormente se evalúa mediante entrevistas y encuestas.

- **Resultados:** Se identificaron factores para orientar a los educadores sobre cómo construir planes de estudio BIM. El artículo presenta un posible marco de evaluación, está centrado en cómo evaluar a los estudiantes, no en evaluar el proceso de implementación en sí mismo.

Zielinski, Wójtowicz (2019) (Zieliński & Wójtowicz, 2019) diseñan un programa de estudios para un curso haciendo énfasis en los beneficios del uso BIM y mostrando ejemplos prácticos debido a las numerosas limitaciones para la implementación de esta metodología en primeras etapas de educación universitaria. Definen las más destacadas como la experiencia inicial de los estudiantes y la duración limitada de los cursos universitarios.

- **Método:** Para la realización del curso definen distintos niveles de madurez BIM y detallan cuales de ellos y en qué medida tendría sentido integrarlos en este curso.
 - **Resultados:** El estudio habla del diseño de un curso tratando de analizar soluciones a las limitaciones expuestas. Podría servir a otras instituciones para comparar los niveles de madurez BIM que imparten, sin embargo, no realiza análisis de distintos métodos de integración, que es el objeto de este estudio.
-

2.4.3 Resultados de la revisión sistemática

Este estudio forma parte de una investigación mayor, en la que se trata de encontrar la manera óptima de integrar BIM en un plan de estudios concreto en una universidad de España. Como hemos mencionado anteriormente, en 2014, las directivas europeas establecieron, a los estados miembros, la posibilidad de exigir el uso de herramientas específicas para el modelado electrónico de datos de las construcciones en sus procesos de contratación de obras, servicios y suministros a partir de 2018 (Peña et al., 2016)(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, 2014).

Como miembro de la Unión Europea, España debe seguir sus directrices y en la actualidad tiene la obligación de visar toda obra pública en metodología BIM. Además, cada vez hay más intercambio de estudiantes entre países, por lo que era importante realizar un acercamiento para ver los procesos que se están siguiendo en el mundo.

En los artículos seleccionados destaca la presencia de artículos procedentes de EEUU, China y Reino Unido, aunque, observamos la existencia de diversas publicaciones alrededor de todo el mundo. Todos los estudios están publicados en distintas revistas/congresos

relacionados con tecnología, educación y construcción y todos presentan estudios de caso. A pesar de estas diversidades, la mayoría de los artículos siguen una misma pauta, explicada a continuación.

2.4.3.1 Desafíos, ventajas y desventajas de la implementación BIM en planes de estudio AEC

El uso de las TIC en los métodos educativos se define en los planes de estudio de muchos grados, incluido el de arquitectura y la edificación (Tinio, n.d.)(Reffat, 2007)(Sariyildiz & Veer, 1998). Desde un punto de vista académico, estos sistemas se utilizan para mejorar la adquisición de habilidades y competencias espaciales para analizar el impacto visual de cualquier proyecto de edificación o urbanismo (Monica V. Sanchez-Sepulveda et al., 2020)(Monica V. Sanchez-Sepulveda, Fonseca, et al., 2019)(Valls et al., 2018)(Mónica Sanchez-Sepulveda et al., 2019)(Monica V. Sanchez-Sepulveda, Torres-Kompen, et al., 2019)(Sánchez Riera et al., 2015)(Fonseca, Villagrasa, et al., 2013). En la enseñanza de la arquitectura, hasta hace poco tiempo, el uso de las TIC estaba restringido a procesos de implementación de proyectos, donde diversas aplicaciones, como CAD, sirvieron simplemente como ayudas en la ejecución del trabajo, no como herramientas para la toma de decisiones del proyecto de arquitectura y urbanismo (Navarro Delgado, 2017). Es cierto que los nuevos sistemas, como BIM, o tecnologías que modelan en 3D, como Realidad Aumentada (RA) o Realidad Virtual (RV) e, incluso, videojuegos, representan un avance para potenciar la capacidad de visión espacial y gráfica y, por lo tanto, facilitar el proceso de concepción del proyecto (Martín-Dorta et al., 2008)(Torner, 2009). Aunque tienen la ventaja adicional de una mayor motivación en el aprendizaje y sería posible beneficiarse mucho de este tipo de tecnologías como método de aprendizaje, hasta ahora, no han sido considerados como herramientas para el diseño arquitectónico.

Es importante remarcar en este punto que si en el ámbito laboral el uso de metodologías BIM es una exigencia actual y futura, la enseñanza BIM en las universidades debe ser inminente, los profesionales de mañana son los estudiantes de hoy (Romero et al., 2020).

Las investigaciones demuestran la efectividad de utilizar BIM como herramienta didáctica para el diseño y la construcción (Jin et al., 2018)(Wang et al., 2020)(Sanchez et al.,

2020)(Lassen et al., 2018). Uno de los estudios afirma que los estudiantes tienen un gran interés inicial, lo que hace que la experiencia de aprendizaje sea muy efectiva (Vimonsatit & Htut, 2016). Por esta razón, la integración de BIM dentro del plan de estudios puede crear estudiantes motivados. También mejoran sus habilidades para desarrollar proyectos y a comprender más fácilmente acerca de los materiales constructivos, la visualización les ayuda a comprender mejor cómo se construye un edificio (Wang et al., 2020)(Ferrandiz et al., 2018)(Lassen et al., 2018)(Strukova et al., 2018).

Otro efecto positivo de BIM que se percibe con más frecuencia es la mejora de la colaboración y la comunicación (Jin et al., 2019). El trabajo colaborativo es clave para experimentar las ventajas y desafíos de la formación BIM (Davis et al., 2018)(Sánchez et al., 2019b)(Sanchez et al., 2020). Las reuniones de coordinación producen un impacto incluso mayor en los estudiantes que el desempeño del instructor. Los estudiantes refuerzan la importancia del trabajo colaborativo en procesos interdisciplinarios BIM, donde se observa que cuanto más habilidad tienen para trabajar en equipo, mejores son los diseños y experiencias personales (Zhang et al., 2020). Hay una relación directa entre la utilidad de BIM para desarrollar la práctica del curso y su utilidad para la adquirir habilidades de trabajo en equipo (Oraee et al., 2017)(Zhang et al., 2020)(Sánchez et al., 2019b).

Algunas de las limitaciones encontradas en los estudios son los problemas de interoperabilidad entre herramientas BIM y que los docentes se han centrado en el uso de herramientas de análisis y creación BIM y en el trabajo colaborativo, pero no necesariamente en la gestión de la información (Comiskey et al., 2017). Como comentan algunos autores, la herramienta 3D podría ser una barrera para la implementación de BIM, por lo que se recomienda hacer énfasis en que las herramientas 3D en sí mismas no son BIM y así enfocar la atención de los estudiantes en la metodología (Sánchez et al., 2019b). El pensamiento innovador y crítico es mucho más importante que dominar un software (Leite, 2016).

Los obstáculos para la incorporación BIM en los procesos de educación dependen del entorno académico, los conceptos BIM y las herramientas BIM (Strukova et al., 2018)(Kymmell, 2008b). La mayoría de artículos remarca estos obstáculos como inconvenientes comunes de todas las universidades. El entorno académico afecta en la falta

de tiempo o créditos para incorporar la gran cantidad de tecnología, motivación y recursos. Los conceptos BIM se ven afectados por la falta de colaboración y trabajo en equipo, por una docencia tradicional y una instrucción individualizada o falta de coordinación entre instituciones. Por último, la enseñanza de herramientas BIM se ve afectada por la falta de interés, debida a la falta de conocimiento e interés del profesorado.

2.4.3.2 Procesos y estrategias de implementación BIM en grados AEC

Existe disparidad, en cuanto al curso en el que se debe realizar dicha integración, algunos autores fomentan realizarlo en primeros cursos, otros opinan que es más eficaz hacerlo en últimos cursos, cuando el estudiante tiene una formación mayor en la materia.

En cuanto a las estrategias o protocolos de implementación, la mayoría realizan la integración en un proyecto/actividad de una asignatura concreta perteneciente al área de EGA sustituyendo el software tradicional por un software BIM. Sin embargo, no es posible mejorar el rendimiento académico de los estudiantes solo con la superposición de las herramientas BIM en sus contenidos temáticos. Por ello, algunos autores recomiendan el rediseño total de al menos una asignatura (Ferrandiz et al., 2018). Por esta razón, algunos de los estudios van más allá, plantean esta misma incorporación de tecnología en asignaturas de expresión gráfica para aplicarlo después al resto de áreas. Para poder llevarlo a cabo es necesaria la transversalidad y, por ende, la colaboración del resto de asignaturas (Obrecht et al., 2020). Este planteamiento nos lleva a una complejidad mayor, donde la implementación afecta de forma directa o indirecta al plan de estudios en su totalidad y, por tanto, las medidas y decisiones a tomar son mayores.

Llegados a este punto, algunos autores plantearon el diseño de un plan o protocolo de implementación propio, fortaleciéndolo a través de la realización o modificación de guías docentes propias, rúbricas, objetivos de aprendizaje... etc. Con ello, pretenden dar solidez a la estrategia de implementación y ayudar tanto al alumnado como al profesorado en todo el proceso.

Los estudios que abarcan el diseño de un protocolo propio incluyen una propuesta más teórica, donde se define cómo se debe enfocar la implementación de forma metodológica abarcando todo el plan de estudios y una propuesta más práctica, a modo de proyecto piloto, donde se definen los contenidos de las distintas tecnologías a incluir en las distintas asignaturas.

2.4.3.3 Métodos de evaluación

El PBL es una de las metodologías más utilizadas por las universidades. Gracias a ella, la formación en habilidades BIM se puede ofrecer con un enfoque de aprendizaje experiencial. La mayoría de los estudiantes aprecian que los proyectos sean de naturaleza realista (Wang et al., 2020)(Zhang et al., 2020).

Tras la integración BIM a través de proyectos PBL, muchos de los estudios realizan encuestas a los estudiantes con el fin de obtener resultados sobre su motivación y satisfacción en el uso de metodologías BIM (los resultados de las mismas se han detallado en el apartado anterior). Es decir, realizan una integración BIM en un único curso y posteriormente analizan los resultados.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que una implementación en grados AEC afecta al plan de estudios completo y es un proceso dilatado en el tiempo por afectar a distintos cursos. Son pocos los estudios que realizan evaluaciones de cómo se aplica después al resto de asignaturas de forma transversal. Algunos de estos estudios llegan a profundizar en la aplicación metodológica y no únicamente tecnológica. Después de aplicar el estudio de caso mediante PBL analizan los datos de forma más transversal, no únicamente obteniendo datos de la percepción de alumnos, sino también de profesorado, investigadores e incluso, profesionales de la industria. Algunos de los autores incluso, muestran un análisis a un nivel más global, donde tratan de obtener el resultado en distintos cursos académicos para evaluar la evolución de dicha propuesta o incluso realizan comparaciones entre distintas universidades. Este tipo de análisis les ayuda a validar o no la estrategia de implantación en sí, no tanto el PBL de un curso concreto.

2.4.3.4 *Relación entre la industria y la educación BIM*

Como ya se ha mencionado, varios estudios coinciden en la importancia de la interdisciplinariedad del contenido educativo BIM. Incluso, algunos autores sugieren extender la educación a dos o más disciplinas (colaboración interdisciplinaria) o dos o más universidades a distancia (colaboración a distancia) para cubrir las facultades de coordinación, interoperabilidad y detección de conflictos (Mesaroš et al., 2018). Existen propuestas para realizar cursos transversales donde participen las disciplinas de la ingeniería y la arquitectura. BIM mejora la eficiencia facilitando la colaboración con otros profesionales al permitir trabajar sobre el mismo modelo y en tiempo real (Lassen et al., 2018)(Sotelino et al., 2020). Este hecho ocurre, tanto en la industria como en la educación, por lo que es imprescindible tenerlo en cuenta. Por tanto, es fundamental que los alumnos comprendan que la práctica profesional requiere la colaboración multidisciplinaria, principalmente en un entorno dinámico donde se coordinan diferentes áreas de un proyecto.

Muchos de los autores afirman que, la estrecha colaboración entre la industria y el mundo académico es fundamental para un intercambio bidireccional entre formación y realidad (Hailer et al., 2019)(Leite, 2016)(Jin et al., 2018)(Zhang et al., 2020)(Jin et al., 2019)(Swallow & Zulu, 2019b)(Ferrandiz et al., 2018). La experiencia de la participación de profesionales del sector de la construcción con titulación docente es clave para motivar y calmar las inquietudes de los estudiantes acerca de las necesidades y expectativas de la industria. También es aconsejable involucrar a profesionales y partes interesadas en los estudios de caso para que brinden asesoramiento sobre cómo mejorar la construcción con BIM (Jin et al., 2018). Una estrecha colaboración entre empleadores y educadores del sector AEC permitirá establecer una visión conjunta más sólida en la formación BIM (Mesaroš et al., 2018). Aunque la importancia de este vínculo para algunas instituciones también se debe a que es un requisito de acreditación, al enlazar la industria y la universidad indudablemente se mejorará la enseñanza tradicional (Hailer et al., 2019).

2.4.3.5 La necesidad de un plan de implementación común entre instituciones

Como hemos mencionado anteriormente, algunos autores abarcan en profundidad la implementación BIM en sus planes de estudio y realizan protocolos propios de actuación. La realización de dicho protocolo es de gran complejidad y, por ello, los autores recalcan la necesidad de protocolos BEP o guías docentes en las que respaldarse (Comiskey et al., 2017). Estas guías son necesarias no únicamente para alumnos sino también para docentes y gestores del ámbito educativo. Los autores afirman que los protocolos ayudarían a tener la capacidad y medios suficientes para llevar a cabo este cambio metodológico en las universidades. Algunos de ellos incluso, para dar validez a su propuesta y estudiar mejoras analizan encuestas en distintos años y/o cursos de distintas versiones de diseño del plan, dándole así una evolución y un análisis de validez mucho más profundo (Otey et al., 2019).

Muchos de los estudios destacan la necesidad de coordinación entre distintas instituciones para poder tener unas bases en las que apoyarse y ofrecer una formación más estandarizada, tal y como se realiza en la industria. Además, las instituciones están realizando el mismo esfuerzo en vez de aprovechar los avances que realizan otras y así poder llegar a un objetivo común más rápida y eficazmente. Mencionan la falta de buenas prácticas en el campo educativo para este tipo de implementaciones.

La mayoría de los artículos tenían como objetivo demostrar la necesidad de implementar BIM en el ámbito académico universitario, no dando tanta importancia al cómo se debe realizar el proceso de implementación BIM. Los estudios mencionados anteriormente, que han abarcado el cómo, y han analizado el proceso de su estrategia de implementación, son los que responden directa y claramente al objeto de esta investigación.

2.4.4 Amenazas a la validez de la revisión de literatura

Este estudio puede verse limitado, al igual que otras revisiones sistemáticas de este tipo, por las palabras clave de búsqueda específicas y las bases de datos bibliográficos escogidos. Otras palabras clave y/o otros lugares de publicación podrían arrojar un contenido probablemente algo distinto.

Para completar este estudio y, como futura línea de investigación, es necesaria una reflexión sobre la coordinación entre instituciones para facilitar a las universidades los estándares necesarios para que, de forma individual, puedan fortalecer la transversalidad entre asignaturas a la hora de realizar una implementación BIM de forma adecuada en sus planes de estudio. Por lo tanto, es necesario realizar literatura científica, en la que los investigadores de distintas facultades puedan cooperar en busca de soluciones comunes ya que, el objetivo de conseguir integrar BIM en las facultades AEC es un reto común.

3 MARCO EMPÍRICO

3.1 DISEÑO MODELO ESPECÍFICO

El objetivo de este apartado es mostrar las acciones realizadas durante el periodo 2018-2021 en cuanto a la implementación BIM en los grados de la ETSALS, los antecedentes y las líneas futuras a partir de 2021. En este sentido especificaremos partiendo de los planteamientos iniciales las problemáticas encontradas en el transcurso de los años para llevar a cabo las propuestas que se han ido realizando y cómo se ha tratado de dar solución a cada una de ellas en determinados momentos. La integración de tecnología BIM en asignaturas de herramientas ha dado los resultados esperados y la metodología o procesos en distintas áreas no.

3.1.1 Antecedentes

Algunas de las asignaturas de las distintas materias que componen el grado ya incluyen conocimientos BIM, pero de un modo superficial y sin tener coordinación entre unas materias y otras. Las únicas que sí ofrecen conocimientos BIM y de forma estructurada son las asignaturas enfocadas a impartición de herramientas, donde se imparte Revit básico. En cuanto a la formación a profesorado ocurre algo similar, algunos profesores ya tienen conocimientos sobre la metodología, pero no los aplican a sus asignaturas o lo hacen de forma básica y superficial. Gran parte del profesorado no parece tener predisposición por recibir formación e incluirlo en sus materias, al menos, hasta el momento.

La ETSALS ofrece cursos externos de especialización enfocados a alumnos o graduados que quieran actualizarse. En estos cursos se imparte Revit® básico y avanzado en formato corto, tanto presencial como online.

En paralelo, se imparte el Máster en BIM Management (MBIMM), el cual, está enfocado a la gestión integral del proceso de edificación mediante metodología BIM y, aunque no es requisito tener experiencia profesional previa, se requiere formación previa. Está orientado a los siguientes perfiles: Graduado en Ingeniería de la Edificación, Graduado en Arquitectura,

Graduado en Ingeniería, Licenciado en AS, Diplomado en AT, Licenciado en Ingeniería, Diplomado en Ingeniería, GAE y GEA.

3.1.1.1 Asignaturas de herramientas

A fecha de 2017-2018, en los estudios de grados GEA y GAE existen cuatro asignaturas dedicadas a distintas herramientas:

- EI: Modelado del espacio arquitectónico en 2D y 3D, mediante sistemas CAD y Visualización con RA.
- EII: Modelado y Visualización del espacio arquitectónico en 2D y 3D, mediante sistemas CAD y Visualización con RV.
- EIII: Modelado y Visualización del espacio arquitectónico en 2D y 3D, mediante sistemas BIM.
- GIS: Modelado, Representación y Análisis de datos complejos urbanos.

EIII es la asignatura en la que se imparte software específico BIM desde conceptos iniciales, Tabla 9. Consta de 3 ECTS y pertenece al área de AT, por lo que se ofrece de forma obligatoria para GAE en 4º curso y optativa para GEA.

Tabla 9. Asignaturas de herramientas. Fuente: elaboración propia

| Asignatura | Área | Curso y tipo | Semestralidad | ECTS | Software impartido |
|--|----------------------|---|---------------|------|---|
| Herramientas Informáticas I (EI) | Expresión Gráfica | 1º. Básica (GEA/GAE) | Anual | 5.5 | AutoCAD® Lumion Illustrator |
| Herramientas Informáticas II (EII) | Expresión Gráfica | 2º. Básica (GEA/GAE) | S2 | 5.5 | 3Design Studio MAX (3DSMax®) Adobe® Photoshop (PSD) Unreal Engine |
| Herramientas Informáticas III (EIII) | Arquitectura Técnica | 4º. Obligatoria (GAE) Optativa (GEA) | S1 | 3.0 | Revit® |
| Sistemas de Información Geográfica (GIS) | Expresión Gráfica | Optativa (GEA/GAE) | S2 | 3.0 | AutoCAD® MAP Access Excel |

La asignatura consta de 3 horas semanales impartidas durante el primer semestre, y no es posible realizarla sin los conocimientos previos de EI y EII. A modo resumen, los contenidos detallados de la asignatura EIII se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. Sesiones EIII. Fuente: elaboración propia

| Asignatura | Sesiones |
|------------|---|
| EIII | <ul style="list-style-type: none"> • Niveles y Rejillas • Elementos constructivos • Topografía • Estructura • Muros cortina • Cubiertas • Circulación • Presentación y documentación I • Masas I • Familias I |

3.1.1.2 Cursos externos

Desde aproximadamente el año 2000, desde el departamento de Marketing de la escuela se ofrecen cursos externos de AutoCAD® y desde aproximadamente 2010 cursos externos de Revit® básico y avanzado de forma presencial. Desde 2013 también se ofrece Revit® básico y avanzado en formato online. Dichos cursos ofrecen un descuento para los estudiantes de grado y son bastante demandados, aunque no llegan a todo el alumnado por ser de forma opcional y externa al grado. Cada uno de los cursos tiene una duración aproximada de 24h lectivas y se ofrecen 2 o 3 veces al año, según demanda. Los cursos están compuestos de vídeos explicativos y ejercicios de autoevaluación y sus contenidos de los cursos se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Sesiones cursos externos. Fuente: elaboración propia

| Asignatura | Sesiones |
|---------------|---|
| Revit® básico | <ul style="list-style-type: none"> • Niveles y Rejillas • Elementos constructivos • Topografía • Estructura |

| | |
|-----------------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Muros cortina • Cubiertas • Circulación • Presentación y documentación I • Masas I • Familias I |
| Revit® avanzado | <ul style="list-style-type: none"> • Detalles constructivos • Fases, opciones de diseño y trabajo colaborativo • Familias II • Familias III • Familias IV • Intercambio de información • Presentación y documentación II • Masas II • Sistemas adaptativos |

3.1.1.3 MBIMM

El MBIMM es ofrecido desde el curso 2016-2017. El máster se compone de 2 postgrados, uno enfocado al conocimiento en profundidad de los distintos softwares y otro enfocado a la gestión BIM (incluyendo también el conocimiento de los softwares destinados a este fin). El estudiante tiene la posibilidad de realizar el primer postgrado o ambos. El máster dispone de 60 créditos ECTS distribuidos en la duración de un curso lectivo y el temario se estructura en asignaturas del siguiente modo, Tablas 12 y 13.

Tabla 12. Asignaturas MBIMM. Fuente: elaboración propia

| Máster BIM Management (MBIMM) | |
|--|---|
| Postgrado en producción BIM (PPBIM) | PBIMM. Postgrado en gestión BIM (PBIMM) |
| Proyecto arquitectónico (5ECTS) | Procesos y Gestión (5ECTS) |
| Estructuras BIM (5ECTS) | Control Económico (5ECTS) |
| Sistemas BIM (5ECTS) | Control de Interferencias-Calidad y Seguridad (5ECTS) |
| Documentación y Bases de datos (5ECTS) | Estándares e Interoperabilidad (5ECTS) |
| Proyecto Final de Máster (20ECTS) | |

Tabla 13. Sesiones detalladas MBIMM. Fuente: elaboración propia

| Postgrado | Asignatura | Sesiones |
|-----------|-------------------------|---|
| PPBIM | Proyecto arquitectónico | <ul style="list-style-type: none"> • Presentación, Introducción BIM. Inicio de proyecto • Edificio y entorno. Topografía, replanteo y cimentación • Estructuras de hormigón y metálica. Otras tipologías |

| | | |
|-------|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Elementos constructivos I. Envolvertes, muros y divisorias • Elementos constructivos II. Techos, cubiertas y circulación • Creación de familias básico. Librerías • Creación de familias avanzado. Formulación • Niveles de detalles y definición constructiva • Diseño conceptual. Masas e interoperabilidad 2D y 3D • Trabajo avanzado con carpintería • Fases de proyecto, opciones de diseño y colaboración |
| | Estructuras BIM | <ul style="list-style-type: none"> • Modelado de elementos estructurales • Modelado de elementos estructurales II • Modelo Analítico estructural • Interoperabilidad. CYPE • Interoperabilidad. ROBOT • Familias específicas y armado |
| | Sistemas BIM | <ul style="list-style-type: none"> • Proyecto Nuevo y Climatización - Conductos de Aire • Climatización - Conductos de Aire (Continuación) • Climatización - Tuberías hidráulicas • Fontanería - ACS, AFS, Saneamiento • Electricidad - Baja tensión y Señales débiles • Familias - Creación de familias MEP |
| | Documentación y Bases de datos | <ul style="list-style-type: none"> • Gestión paramétrica de familias • Gestión paramétrica del modelo • Parametrización para la gestión • Extracción de datos del modelo |
| PBIMM | Procesos y Gestión | <ul style="list-style-type: none"> • Fases y procesos • Definición de usos • Usos y parámetros • Plan de ejecución BIM • Manuales, normativas y protocolos • Flujo de gestión a través de metodologías LEAN y SCRUM • Plan de implantación BIM: roles y perfiles • Gestión del Modelo y extracción de datos con Navisworks® • Gestión del Modelo y extracción de datos con Navisworks® • Introducción al concepto de BBDD en el BIM • Little BIM |
| | Control Económico | <ul style="list-style-type: none"> • Preparación de presupuestos y flujos de trabajo • Experiencia práctica con las herramientas BIM 5D • Experiencia práctica con las herramientas BIM 5D • Planificación de procesos ejemplo con Synrho 4D • De la planificación a la gestión de Costes |
| | Control de Interferencias-Calidad y Seguridad | <ul style="list-style-type: none"> • Introducción a las tecnologías BuildingSMART • Estándares para la interoperabilidad y sistemas de clasificación • Trabajar con IFC. Generación, Edición, Auditoría. • Intercambio entre disciplinas: estructural, energético, MEP |

| | | |
|--|--------------------------------|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Exposición de casos prácticos - Best practices • Workshop - puesta en práctica de conocimientos |
| | Estándares e Interoperabilidad | <ul style="list-style-type: none"> • Auditoria del modelo y control calidad del modelo (Revit®, NavisWorks®, Solibri MC, TBS) • Interferencias y análisis de colisiones I (NavisWorks®) • Interferencias y análisis de colisiones II (NavisWorks®) • Gestión de resolución de conflictos (BCF, TBS, NavisWorks®) • Reuniones de coordinación BIM (NavisWorks®) • Flujo de la gestión documental en el entorno BIM (CDE) • Ejemplo práctico con Solibri MC |

A modo de aproximación, teniendo en cuenta las sesiones y la carga lectiva de los conocimientos que se imparten la asignatura EIII en grado, corresponden al curso básico impartido en los cursos de especialización y a tres cuartas partes de la asignatura de Proyecto Arquitectónico del MBIMM.

3.1.2 Primer diseño general

En primavera del año 2018, Dirección General informa de la decisión por parte del campus, de incorporar metodología BIM a partir del curso 2018-2019. Para ello, se destinará un presupuesto adicional para las formaciones o tareas necesarias para llevarlo a cabo. Los primeros esbozos de la estrategia se centran en definir objetivos, líneas de acción e itinerarios de alumnado, Figura 31.

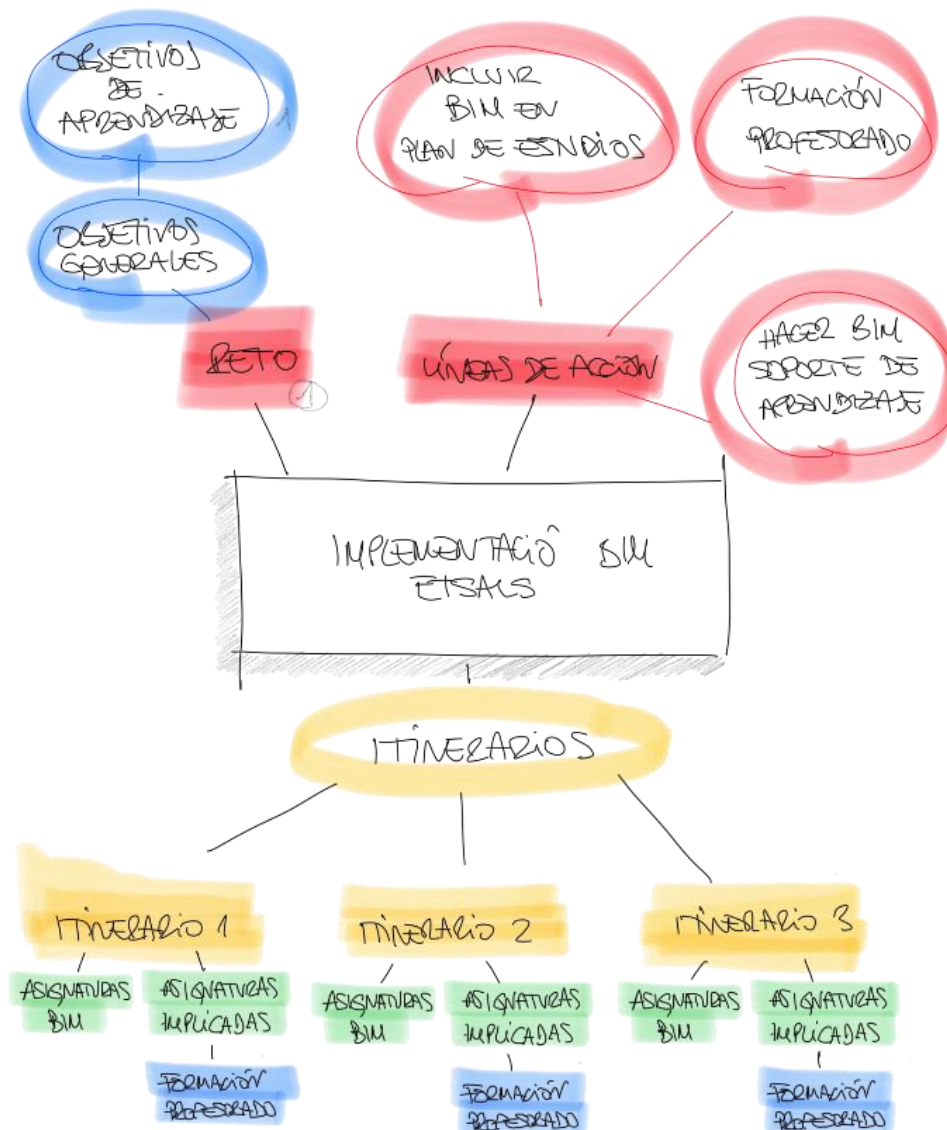


Figura 31. Primer esbozo estrategia implementación BIM ETSALS. Fuente: elaboración propia

3.1.2.1 Objetivos

El objetivo del proyecto es implantar la metodología BIM en los actuales planes de estudios sin modificarlos sustancialmente. En un inicio se comienza por definir un reto, un objetivo general de la implementación. La finalidad o mejora pedagógica de la implantación BIM en los grados GAE y GEA de la ETSALS es preparar al alumno para que finalice sus estudios universitarios con los conocimientos suficientes para asumir las dificultades que pueda encontrar en un entorno profesional y conseguir que obtenga un perfil competente

dentro de las metodologías BIM. Esta finalidad tiene, en un principio, objetivos generales y de aprendizaje.

Los objetivos generales definidos son:

- Soporte al aprendizaje, amplitud de capacitación profesional y competitividad en el sector económico.
- Hacer competente en BIM al profesorado de la ETSALS.

Por otra parte, a un nivel más concreto, aparecen cuatro objetivos de aprendizaje:

- Integración de metodologías BIM en el conjunto de asignaturas de los planes de estudio GAE y GEA.
- Los alumnos deben incluir BIM en todo el proyecto constructivo.
- Comprender BIM en el proceso completo de la edificación.
- A partir de 4º deben utilizar BIM en todas las asignaturas (en las que sea necesario) del grado.

3.1.2.2 *Líneas de acción*

En este punto se distinguen dos partes, los conocimientos que adquiere el alumno a través de asignaturas dedicadas a formación BIM y la aplicación que hace el alumno de esta metodología en el resto de las asignaturas del grado.

Por ello, se definen dos líneas de acción:

- **Línea de acción 1 (L.A.1):** Se incorpora BIM al actual plan de estudios (tecnología). El alumno recibe, en asignaturas de informática y representación, formación multiherramienta de los distintos softwares que conforman BIM. Línea de acción referida a las herramientas.
- **Línea de acción 2 (L.A.2):** Se incorpora BIM como soporte al aprendizaje (metodología), mientras el alumno aplica BIM al resto de las asignaturas se nutre de ambos conocimientos. En el momento en que el alumno aprende a aplicarlo a

las asignaturas del grado está adquiriendo conocimientos de interoperabilidad, gestión y colaboración BIM. Es una línea de acción referida a procesos metodológicos. De esta segunda línea de acción pende una tercera: Formación al profesorado. Para que el alumno pueda aplicar la metodología en todas las asignaturas del grado el profesorado debe tener conocimientos BIM, específicos según la materia de impartición.

Estas dos líneas están conectadas, ya que a medida que el alumno reduce su formación BIM aumenta la aplicación BIM. De esta manera, como se muestra en la Figura 32, la implantación durante todo el grado es continua, el tiempo de esfuerzo del alumno se mantiene constante.

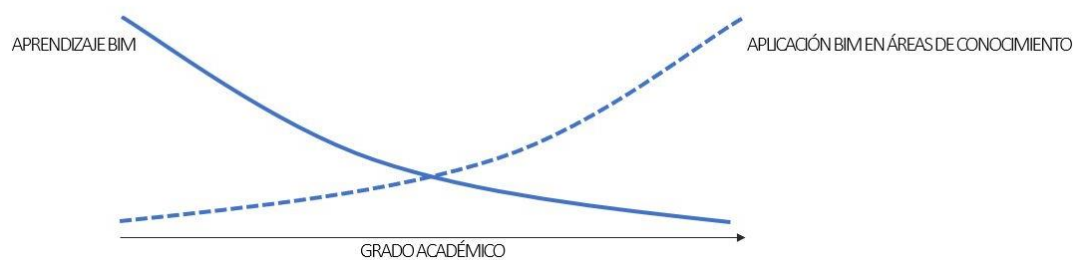


Figura 32. Curva Aprendizaje BIM. Fuente: elaboración propia.

Para que el alumno pueda convertirse en un perfil multiherramienta, es necesario un aumento de horas de clase para poder formar en mayor grado al alumnado. Lo cual, supone un problema porque la implementación no prevé modificar los créditos de las asignaturas existentes en el momento sino introducir BIM en el plan de estudios existente. En cuanto a incorporar metodología en los grados mencionados, es muy importante la colaboración entre distintas asignaturas que comportan los grados y formar al profesorado en BIM para que puedan aplicarlo después en sus materias. La Figura 33, muestra los conceptos principales de las distintas líneas de acción:

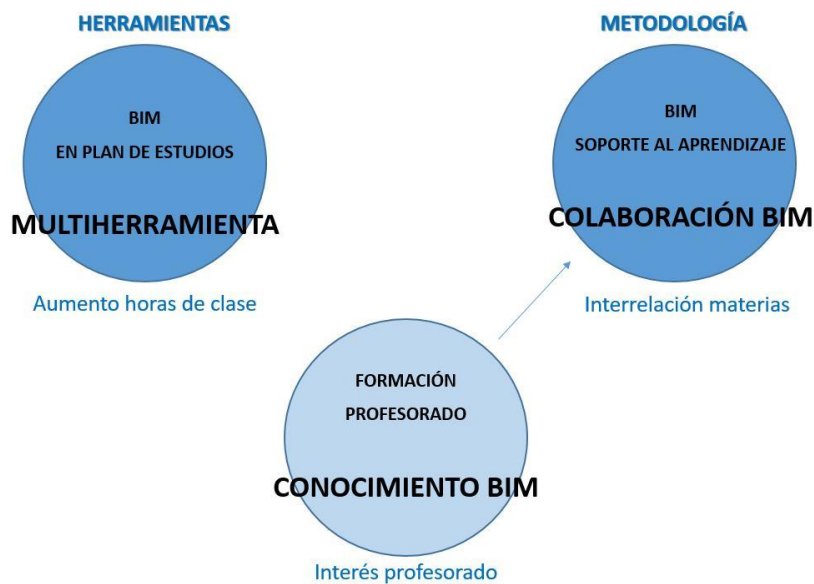


Figura 33. Líneas de acción. Fuente: elaboración propia

La Figura 34, esquematiza la interconexión entre las líneas de acción 1 y 2: aprendizaje BIM y soporte al aprendizaje, donde primero el alumno aprende herramientas en asignaturas de informática y aplica después, aprendiendo BIM y conocimientos de las distintas asignaturas, la metodología en el resto del plan de estudios.

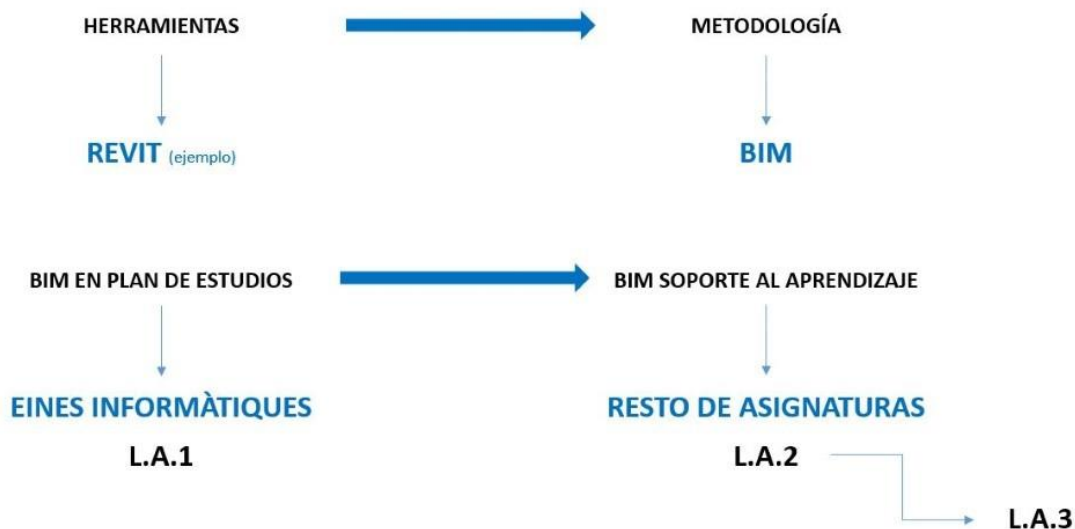


Figura 34. Interconexión líneas de acción. Fuente: elaboración propia

3.1.2.3 *Mapa general de implementación*

De esta manera, el esquema general de la implantación es, que el alumno aprende herramientas en asignaturas dedicadas a software y lo aplica en el resto de las asignaturas que integran la metodología para aprender el temario concreto de cada una de ellas. Para llevar a cabo las líneas de acción se realiza un diagrama de Gantt en el que se visualizan las líneas de acción con todas las asignaturas de ambos grados divididas por semestre y marcando en cada curso académico en qué asignatura se implanta bien la herramienta o bien la metodología y cuando es necesaria la formación específica del profesorado. Se realiza un documento visual de la implantación completa y en toda su duración en el tiempo donde se visualiza claramente el itinerario de cada alumno y profesor.

Al esquema de los planes de estudio, ya explicados en apartados anteriores, se les añade cursos académicos para analizar en qué momento se realizarán las distintas acciones y cómo perdurarían en el tiempo. El color gris de cada asignatura en cada uno de los cursos muestra su semestralidad, lo cual es importante en la toma de decisiones. La L.A.1, afecta directamente a las asignaturas que imparten software, Figura 35. El color amarillo muestra donde ya se imparte tecnología o software BIM y, el color naranja, donde se comienza a aplicar o se realiza un cambio significativo de contenidos para perdurar después en el tiempo. En este caso, la primera decisión es integrar contenidos de Revit® Básico en EII en 2018-2019 y, de Revit® Avanzado y Navisworks® en EIII durante el primer semestre de 2019-2020. Se plantea la posibilidad de ampliar contenidos en siguientes cursos en asignaturas optativas como Colaboración Departamental, aún sin definirse a la espera de observar los resultados de las asignaturas mencionadas.

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | 2019/2020 | 2020/2021 | 2021/2022 |
|-------|--|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1er | (AR005) Historia: introducción a la arquitectura | S1 | | | | |
| | (AR006) Construcción I: Materiales y técnicas | A | | | | |
| | (AR008) Expresión gráfica | A | | | | |
| | (AR004) Análisis arquitectónico | A | | | | |
| | (GAE01) Matemáticas | A | | | | |
| | (GAE02) Geometría descriptiva I | A | | | | |
| | (AR002) Física | S2 | | | | |
| | (GAN02) Herramientas informáticas I | A | | | | |
| | (PIC01) Pensamiento y creatividad I | A | | | | |

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | 2019/2020 | 2020/2021 | 2021/2022 |
|-------|--|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2on | (AR012) Construcción II: Sistemas de cerramientos | A | | | | |
| | (GAE03) Expresión gráfica aplicada | S2 | | | | |
| | (AR011) Introducción a las estructuras | A | | | | |
| | (AR014) Física II. Instalaciones integradas | S1 | | | | |
| | (AR015) Herramientas informáticas II | A | Rvt B/RV | | | |
| | (AR016) Arquitectura del siglo XX | S2 | | | | |
| | (PIC02) Pensamiento y creatividad II | A | | | | |
| | (AS050) Sistemas de representación I | S1 | | | | |
| | (AS010) Fundamentos de proyectos | A | | | | |
| | (AT011) Equipos de obra, instalaciones y medios auxiliares | A | | | | |
| | (GE002) Química y geología | S1 | | | | |
| | (GE003) Empresa: agentes del proceso constructivo | S1 | | | | |
| | (GE004) Legislación y normativa | S2 | | | | |

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | 2019/2020 | 2020/2021 | 2021/2022 |
|-------|--|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 3er | (AR046) Estructuras de acero y hormigón | A | | | | |
| | (AR045) Construcción III | A | | | | |
| | (GAE04) Instalaciones especiales y de servicio | A | | | | |
| | (AR044) Gestión urbanística | S2 | | | | |
| | (PIC03) Pensamiento y creatividad III | A | | | | |
| | (AS017) Proyectos I | A | | | | |
| | (AS019) La pervivencia de l'arquitectura moderna | S1 | | | | |
| | (AS052) Introducció a l'urbanisme | S1 | | | | |
| | (GA005) Sistemas de representación II | A | | | | |
| | (AS055) Mediciones | S1 | | | | |
| | (GA006) Planificación y Gestión | S1 | | | | |
| | (AR039) Idioma moderno | S1 | | | | |
| | (AR009) Topografía | S1 | | | | |
| | (AT010) Materiales: normativa y control | S1 | | | | |
| | (GE014) Visitas de obra | A | | | | |
| | (GE005) Detalles constructivos | S2 | | | | |

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | 2019/2020 | 2020/2021 | 2021/2022 |
|-------|---|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 4rt | (AR039) Idioma moderno | S1 | | | | |
| | (AS021) Taller II | A | | | | |
| | (AS023) Proyectos II | A | | | | |
| | (GA008) Urbanisme | A | | | | |
| | (AS020) Geotècnia | S1 | | | | |
| | (AS054) Composició I | S1 | | | | |
| | (AS024) Posta en obra de les instal·lacions | S2 | | | | |
| | (GA002) Pràctiques en empresa | A | | | | |
| | (AR018) Patologia, diagnóstico y rehabilitación | S1 | | | | |
| | (GE008) Herramientas informáticas III | S1 | | Rvt A/Nav | | |
| | (GE009) Derecho y administración en la construcción | S1 | | | | |
| | (GE010) Gestión de proyectos | S1 | | | | |
| | (GE011) Sostenibilidad y energías renovables | S2 | | | | |
| | (GE007) Idioma moderno avanzado | S2 | | | | |
| | (GE006) Prácticas Externas | S2 | | | | |
| | (AT016) Seguridad y prevención | S2 | | | | |
| | (AR010) Economía aplicada | S1 | | | | |
| | (GE001) Proyecto final de grado | A | | | | |

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | 2019/2020 | 2020/2021 | 2021/2022 |
|-------------------------------|--|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 5è | (AS055) Mediciones | S1 | | | | |
| | (GA006) Planificación y Gestión | S1 | | | | |
| | (AS040) Projectes III | A | | | | |
| | (GA007) Planejament | A | | | | |
| | (GA009) Taller III | A | | | | |
| | (AS056) Composició II | S2 | | | | |
| | (GA003) Portafoli | S2 | | | | |
| (GAN01) Treball Final de Frau | A | | | | | |
| Optatives | (AS085) Taller de Maquetes | S2 | | | | |
| | (AT018) GIS | S2 | | | | |
| | (AS083) Seminari d'estètica | S2 | | | | |
| | (AS086) Seminari d'investigació | S1 | | | | |
| | (AS072) Noves infraestructures | S2 | | | | |
| | Colaboración departamental-Eines IV | S2 | | | | |
| | Colaboración departamental-RA/RV/Impr 3D | | | | | |

Figura 35. Mapa general de implementación BIM ETSALS: Línea de acción 1. Fuente: elaboración propia

La L.A.2 va muy ligada a la anterior ya que, una vez comprendidos los conocimientos el alumno podrá aplicarlos en otras asignaturas, dependiendo del curso en el que se encuentre y de las asignaturas de herramientas que haya realizado en ese momento. El color azul oscuro muestra el momento en el que debería comenzar a aplicarse BIM, como metodología de trabajo, en las distintas asignaturas, Figura 36. En algunos casos se plantea una aplicación directa en proyecto que se esté realizando en la asignatura, sin modificarlo sustancialmente. En otros casos se plantea una sesión teórica, bien impartida por el profesorado de la asignatura o bien impartida por el profesorado de herramientas, si fuera necesario por la falta de conocimientos del profesorado de la propia asignatura. En los casos en los que es necesario, se plantea realizar una práctica entre el profesorado de la asignatura y el de herramientas, en la que el alumno deba utilizar software BIM para adquirir conocimientos de un tema concreto de la asignatura en cuestión. El color azul claro representa la perduración en el tiempo en caso de que dichos cambios fueran satisfactorios.

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | 2019/2020 | 2020/2021 | 2021/2022 |
|-------|--|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 3er | (AR005) Historia: introducción a la arquitectura | S1 | | | | |
| | (AR006) Construcción I: Materiales y técnicas | A | | | | |
| | (AR008) Expresión gráfica | A | | | | |
| | (AR004) Análisis arquitectónico | A | | | | |
| | (GAE01) Matemáticas | A | | | | |
| | (GAE02) Geometría descriptiva I | A | | | | |
| | (AR002) Física | S2 | | | | |
| | (GAN02) Herramientas informáticas I | A | | | | |
| | (PIC01) Pensamiento y creatividad I | A | | | | |

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | 2019/2020 | 2020/2021 | 2021/2022 |
|-------|--|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2on | (AR012) Construcción II: Sistemas de cerramientos | A | | | | |
| | (GAE03) Expresión gráfica aplicada | S2 | | | | |
| | (AR011) Introducción a las estructuras | A | | | | |
| | (AR014) Física II. Instalaciones integradas | S1 | | Ses. MEP | | |
| | (AR015) Herramientas informáticas II | A | | | | |
| | (AR016) Arquitectura del siglo XX | S2 | | | | |
| | (PIC02) Pensamiento y creatividad II | A | | | | |
| | (AS050) Sistemas de representación I | S1 | | | | |
| | (AS010) Fundamentos de proyectos | A | | Proy. S2 | | |
| | (AT011) Equipos de obra, instalaciones y medios auxiliares | A | | | | |
| | (GE002) Química y geología | S1 | | | | |
| | (GE003) Empresa: agentes del proceso constructivo | S1 | | | | |
| | (GE004) Legislación y normativa | S2 | | | | |

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | 2019/2020 | 2020/2021 | 2021/2022 |
|-------|---|----|-----------|-----------|------------------|-----------|
| 3er | (AR046) Estructuras de acero y hormigón | A | | | | |
| | (AR045) Construcción III | A | | | | |
| | (GAE04) Instalaciones especiales y de servicio | A | | | Ses. MEP Pr. MEP | |
| | (AR044) Gestión urbanística | S2 | | | | |
| | (PIC03) Pensamiento y creatividad III | A | | | | |
| | (AS017) Proyectos I | A | Proy. S2 | | | |
| | (AS019) La pervivencia de la arquitectura moderna | S1 | | | | |
| | (AS052) Introducción a l'urbanisme | S1 | | Proy. S2 | | |
| | (GA005) Sistemas de representación II | A | | | | |
| | (AS055) Mediciones | S1 | | | | |
| | (GA006) Planificación y Gestión | S1 | | | | |
| | (AR039) Idioma moderno | S1 | | | | |
| | (AR009) Topografía | S1 | | | | |
| | (AT010) Materiales: normativa y control | S1 | | | | |
| | (GE014) Visitas de obra | A | | | | |
| | (GE005) Detalles constructivos | S2 | | | | |

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | 2019/2020 | 2020/2021 | 2021/2022 |
|-------|---|----|-----------|-----------|-------------------|-----------|
| 4rt | (AR039) Idioma moderno | S1 | | | | |
| | (AS021) Taller II | A | | Proy. S2 | | |
| | (AS023) Proyectos II | A | | Proy. S2 | | |
| | (GA008) Urbanisme | A | | | Proy. S1 Proy. S2 | |
| | (AS020) Geotècnia | S1 | | | | |
| | (AS054) Composició I | S1 | | | | |
| | (AS024) Posta en obra de les instal·lacions | S2 | | Pr. MEP | | |
| | (GA002) Pràctiques en empresa | A | | | | |
| | (AR018) Patologia, diagnòstic i rehabilitació | S1 | | | | |
| | (GE008) Herramientas informáticas III | S1 | | | | |
| | (GE009) Derecho y administración en la construcción | S1 | | | | |
| | (GE010) Gestión de proyectos | S1 | | | | |
| | (GE011) Sostenibilidad y energías renovables | S2 | | | | |
| | (GE007) Idioma moderno avanzado | S2 | | | | |
| | (GE006) Prácticas Externas | S2 | | | | |
| | (AT016) Seguridad y prevención | S2 | | | | |
| | (AR010) Economía aplicada | S1 | | | | |
| | (GE001) Proyecto final de grado | A | | | | |

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | 2019/2020 | 2020/2021 | 2021/2022 |
|-----------|---------------------------------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 5è | (AS055) Mediciones | S1 | | | Pr. S1 | |
| | (GA006) Planificación y Gestión | S1 | | | Pr. S1 | |
| | (AS040) Projectes III | A | | | Pr. S1 | Pr. S2 |
| | (GA007) Planejament | A | | | | Proy. S1 |
| | (GA009) Taller III | A | | | Proy. S1 | Proy. S2 |
| | (AS056) Composició II | S2 | | | | |
| | (GA003) Portafoli | S2 | | | | |
| | (GAN01) Treball Final de Frau | A | | | | Proy. |
| Optatives | (AS085) Taller de Maquetes | S2 | | Imp 3D | | |
| | (AT018) GIS | S2 | | | | |
| | (AS083) Seminari d'estètica | S2 | | | | |
| | (AS086) Seminari d'investigació | S1 | | | | |
| | (AS072) Noves infraestructures | S2 | | | | |

Figura 36. Mapa general de implementación BIM ETSALS: Línea de acción 2. Fuente: elaboración propia

Por último, se define en qué momento y qué temario es necesario para formar al profesorado, Figura 37, ya que cada caso supone formación distinta con un objetivo común. Se realiza una selección de distintas capacidades que deberá tener el profesorado de la escuela, teniendo en cuenta también las áreas en las que imparte clase cada profesor. Cada profesor deberá adquirir conocimientos básicos, avanzados, específicos, o bien no será necesario que los adquiriera, según la asignatura que imparta. La división de temas se realiza de la siguiente manera: BIM básico (B), BIM avanzado (A), bases de datos (BD), estructuras (E), Sistemas de Información Geográfica (GIS) e Instalaciones (I), habitualmente nombrada por sus siglas en inglés Mechanical, Electrical, Plumbing (MEP) en entornos BIM.

Los profesores que deban realizar alguno de los cursos especializados deberán haber adquirido previamente los cursos de BIM básico y avanzado. Por ello, durante 2018-2019 se plantea el primer curso básico en el primer semestre y el avanzado en el segundo, impartidos en periodo de exámenes con la intención de obtener máxima participación. Se ofrecen de forma gratuita a todo el profesorado, insistiendo en que son altamente recomendables para los profesores que deban integrarlo en sus asignaturas y opcional para todos aquellos que quieran formarse. Para dar mayor flexibilidad también se ofrecen en formato online, de forma que pueden realizarlos al ritmo que convenga a cada profesor. También se les ofrece la posibilidad de realizar el MBIMM que ofrece la escuela o parte de él mediante becas.

| FORMACIÓN BIM PROFESORADO | | | | | | |
|---------------------------|--|----|-----------|--|-----------|-----------|
| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | | 2019/2020 | 2020/2021 |
| 1er | (AR005) Historia: introducción a la arquitectura | S1 | | | | |
| | (AR006) Construcción I: Materiales y técnicas | A | | | | |
| | (AR008) Expresión gráfica | A | | | | |
| | (AR004) Análisis arquitectónico | A | | | | |
| | (GAE01) Matemáticas | A | | | | |
| | (GAE02) Geometría descriptiva I | A | | | | |
| | (AR002) Física | S2 | | | | |
| | (GAN02) Herramientas informáticas I | A | | | | |
| | (PIC01) Pensamiento y creatividad I | A | | | | |

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | | 2019/2020 | 2020/2021 |
|-------|--|----|-----------|---|-----------|-----------|
| 2on | (AR012) Construcción II: Sistemas de cerramientos | A | B | A | | |
| | (GAE03) Expresión gráfica aplicada | S2 | | | | |
| | (AR011) Introducción a las estructuras | A | B | A | | |
| | (AR014) Física II. instalaciones integradas | S1 | B | A | | |
| | (AR015) Herramientas informáticas II | A | | | | |
| | (AR016) Arquitectura del siglo XX | S2 | | | | |
| | (PIC02) Pensamiento y creatividad II | A | | | | |
| | (AS050) Sistemas de representación I | S1 | | | | |
| | (AS010) Fundamentos de proyectos | A | B | A | | |
| | (AT011) Equipos de obra, instalaciones y medios auxiliares | A | | | | |
| | (GE002) Química y geología | S1 | | | | |
| | (GE003) Empresa: agentes del proceso constructivo | S1 | | | | |
| | (GE004) Legislación y normativa | S2 | | | | |

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | | 2019/2020 | 2020/2021 |
|-------|---|----|-----------|---|-----------|-----------|
| 3er | (AR046) Estructuras de acero y hormigón | A | B | A | E | |
| | (AR045) Construcción III | A | B | A | | |
| | (GAE04) Instalaciones especiales y de servicio | A | B | A | I | |
| | (AR044) Gestión urbanística | S2 | B | A | | GIS |
| | (PIC03) Pensamiento y creatividad III | A | | | | |
| | (AS017) Proyectos I | A | B | A | | |
| | (AS019) La pervivencia de la arquitectura moderna | S1 | | | | |
| | (AS052) Introducción a l'urbanisme | S1 | B | A | | GIS |
| | (GA005) Sistemas de representación II | A | | | | |
| | (AS055) Mediciones | S1 | B | A | BD | |
| | (GA006) Planificación y Gestión | S1 | B | A | BD | |
| | (AR039) Idioma moderno | S1 | | | | |
| | (AR009) Topografía | S1 | | | | |
| | (AT010) Materiales: normativa y control | S1 | | | | |
| | (GE014) Visitas de obra | A | | | | |
| | (GE005) Detalles constructivos | S2 | | | | |

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | 2019/2020 | 2020/2021 |
|-------|---|----|-----------|-----------|-----------|
| 4rt | (AR039) Idioma moderno | S1 | | | |
| | (AS021) Taller II | A | B A | I/E/BD | |
| | (AS023) Projectes II | A | B A | | |
| | (GA008) Urbanisme | A | B A | | GIS |
| | (AS020) Geotècnia | S1 | B A | E | |
| | (AS054) Composició I | S1 | | | |
| | (AS024) Posta en obra de les instal·lacions | S2 | B A | I | |
| | (GA002) Pràctiques en empresa | A | | | |
| | (AR018) Patologia, diagnòstic i rehabilitació | S1 | | | |
| | (GE008) Herramientas informáticas III | S1 | | | |
| | (GE009) Derecho y administración en la construcción | S1 | | | |
| | (GE010) Gestión de proyectos | S1 | B A | BD | |
| | (GE011) Sostenibilidad y energías renovables | S2 | B A | I | |
| | (GE007) Idioma moderno avanzado | S2 | | | |
| | (GE006) Prácticas Externas | S2 | | | |
| | (AT016) Seguridad y prevención | S2 | | | |
| | (AR010) Economía aplicada | S1 | | | |
| | (GE001) Proyecto final de grado | A | | | |

| CURSO | ASIGNATURA | S | 2018/2019 | 2019/2020 | 2020/2021 |
|-----------|---------------------------------|----|-----------|-----------|-----------|
| 5è | (AS055) Mediciones | S1 | B A | BD | |
| | (GA006) Planificación y Gestión | S1 | B A | BD | |
| | (AS040) Projectes III | A | | B A | |
| | (GA007) Planejament | A | | B A | GIS |
| | (GA009) Taller III | A | B A | I/E/BD | |
| | (AS056) Composició II | S2 | | | |
| | (GA003) Portafoli | S2 | | | |
| | (GAN01) Treball Final de Frau | A | | B A | I/E/BD |
| Optatives | (AS085) Taller de Maquetes | S2 | | | |
| | (AT018) GIS | S2 | | | |
| | (AS083) Seminari d'estètica | S2 | | | |
| | (AS086) Seminari d'investigació | S1 | | | |
| | (AS072) Noves infraestructures | S2 | | | |

Figura 37. Mapa general de implementación BIM ETSALS: Formación profesorado. Fuente: elaboración propia

3.1.2.4 Itinerarios alumnado

En el siguiente esquema, Figura 38, se muestra cómo convergen los itinerarios de los distintos alumnos en cada curso académico. Por un lado, el aprendizaje BIM (tecnología) y, por otro, el grado de implementación en el resto de las asignaturas (metodología). Los alumnos del itinerario 1 aplican un nivel menos por haber recibido un nivel menos de formación.

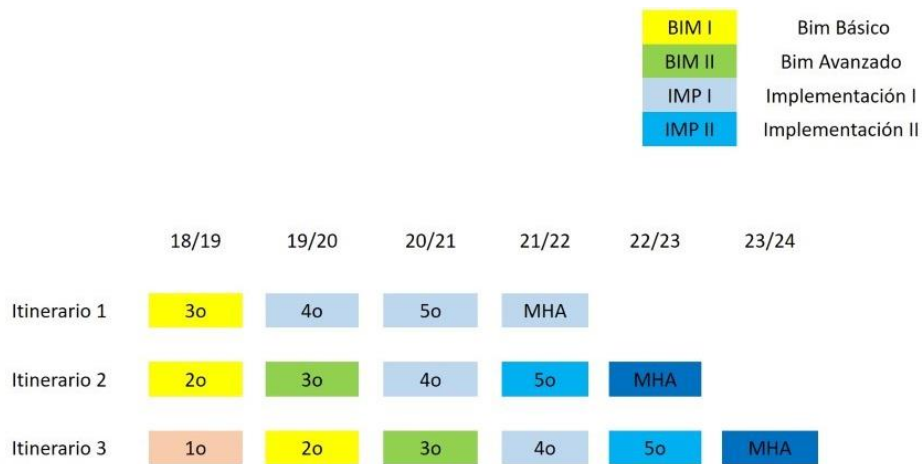


Figura 38. Itinerarios alumnado. Fuente: elaboración propia

Tras varias reuniones con la Dirección General del campus, en las que se exponen dos escenarios viables (Figuras 39 y 40) y siendo conscientes de las dificultades que conlleva una implantación de forma rápida, se tratará de llevar a cabo la segunda opción. De esta forma se pretende que el profesorado vaya asumiendo que la implementación BIM comienza de forma inminente y deben formarse durante 2018-2019 para poder integrar BIM en sus asignaturas a partir de 2019-2020. El 21 de noviembre de 2018 se realiza la primera reunión con los jefes de área del departamento de arquitectura para informarles del requerimiento por parte de Dirección General de implementar BIM en los grados y explicarles las primeras propuestas y pasos a seguir.



Figura 39. Escenario 1 itinerarios. Fuente: elaboración propia

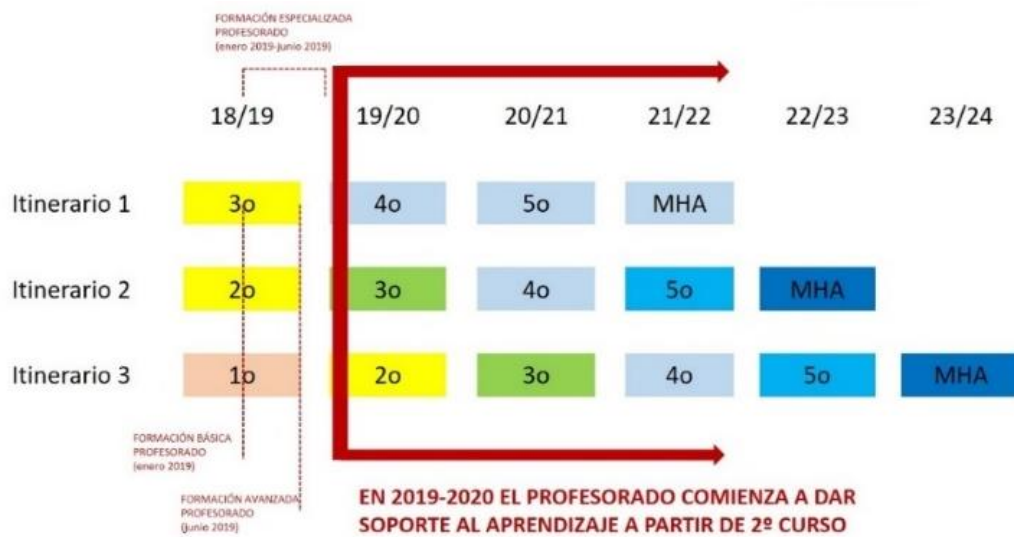


Figura 40. Escenario 2 itinerarios. Fuente: elaboración propia

3.1.3 2018-2019

A partir del curso 2018-2021 se realizan una serie de acciones relacionadas con 4 puntos importantes que se detallan en este capítulo y siguientes: generales e investigación, BIM en el plan de estudios (L.A.1), BIM como soporte al aprendizaje (L.A.2) y formación al profesorado.

El diagrama de Gantt del resumen de acciones (Figura 41) muestra este primer período, el cual inicia con la propuesta de diversas acciones en los 4 apartados, algunas de ellas se llevan a cabo y perduran en siguientes periodos y otras no se realizan por razones que se irán detallando en los siguientes apartados. En color amarillo se muestran las acciones más teóricas, relacionadas con investigación o recursos humanos. El color naranja muestra acciones puramente prácticas, donde se realizan tareas concretas para las asignaturas. El color gris corresponde a las acciones que no se han llevado a cabo o que han tenido que detenerse por alguna razón. El color azul corresponde al naranja, acciones prácticas llevadas a cabo, pero aún en planteamiento inicial.

3.1.3.1 *General e investigación*

Tal y como se viene introduciendo, queda claro que una implementación en grados es muy distinta a una implementación en empresa. Por ello, para comenzar la toma de decisiones en las que hay muchas personas involucradas, es necesario realizar planteamientos con cierto rigor y no caer en errores que ya hayan podido ser analizados. Por esa razón, en este periodo se empieza a investigar profundamente sobre centros educativos en situaciones similares. Se analizan distintas publicaciones para observar distintas propuestas y se investiga la situación de las universidades españolas, descrito en el marco teórico. También se asiste a distintas ponencias, entre ellas, el Congreso Internacional BIM-European BIM Summit (EBS) y al BIM4Students del Colegio de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Barcelona (CAATEEB), donde tratan implementaciones BIM en centros educativos. El CAATEEB propone a la ETSALS asistir a dichas charlas como ponentes para explicar la experiencia, lo cual, podía ser de gran interés para dar a conocer los pasos que estaba siguiendo la escuela en ese momento. Por razones ajenas a la investigación, finalmente se asiste como oyente, permitiendo identificar testimonios de otros centros que se han encontrado previamente en una situación similar.

Durante este primer curso se trabaja en el mapa de implementación mostrado en el capítulo anterior, se detectan las asignaturas en las que es necesario incluir BIM y se analizan en profundidad las posibilidades de dichas asignaturas involucradas. Se analiza el nivel de conocimientos del profesorado y se preparan las encuestas que se comienzan a pasar ya en este periodo a alumnos y profesores.

Para llevar a cabo las acciones de los siguientes apartados, se mejoran los equipos informáticos de la mayoría de las aulas de informática y se amplía el equipo docente BIM.

3.1.3.2 *Asignaturas BIM*

Se estudia la posibilidad de integrar BIM en EI, sin embargo, se descarta por diversos motivos entre los que destacan: la inmadurez de los alumnos en conceptos y conocimientos constructivos necesarios para trabajar directamente en BIM, así como la necesidad de utilizar aplicaciones generalistas que permitan una adaptación mayor a cualquier otra entrega y/o

materia. Añadir una nueva aplicación en un primer curso se descarta también de cara a focalizar el aprendizaje secuencial del alumno.

En este momento el primer contacto con metodología BIM se realiza tanto en EII (2º curso) como en EIII (4º curso para GAE, optativa para GEA). Ambos imparten BIM básico en este momento, ya que los alumnos que están en cursos avanzados no han recibido formación básica hasta el momento, la integración se realiza por años ascendentes teniendo en cuenta cada curso lectivo, como se explica a continuación.

Se rediseña por completo la asignatura EII para poder formar más al alumno en metodologías BIM. Se decide modificar su semestralidad de un semestre a dos, sin modificación de ECTS. De esta forma, el alumno puede adquirir mejor los conocimientos de forma más lenta, y asimilar mejor los conceptos. Se decide impartir conocimientos BIM básicos donde el alumno aprende a realizar presentaciones de proyectos, se sustituye el software 3DSMax® por Revit®. El objetivo es que el alumno sea capaz de realizar un proyecto básico, con nivel de desarrollo de LOD 100 para posteriormente, en siguientes cursos, ir ampliando el LOD. En este curso es importante no realizar un LOD muy complejo ya que el alumno debe asimilar primero los conceptos básicos y evitar ‘malos vicios’ que puedan afectar a su aprendizaje completo. El curso se divide en dos bloques: el primero técnico, orientado a presentaciones de proyecto básico y el segundo de tipo visual, orientado a presentaciones de concurso donde la estética es importante. A final de curso se añade una sesión con gafas de Realidad Virtual donde los alumnos pueden navegar por sus propios diseños. Este trabajo se presenta en la feria de Barcelona Construmat, por ser un ejercicio relacionado con un proyecto de investigación (Mineco) del grupo GRETEL.

EIII continúa impartiendo Revit® básico, ya que los alumnos de este itinerario no han recibido en 2º curso formación BIM. Se propone que esta asignatura pase a ser obligatoria para ambos grados, pero se descarta por la imposibilidad de modificar el plan de estudios. Por esta razón, se decide que la asignatura será altamente recomendable para los alumnos que se matriculen de Proyectos I, en el caso de GEA, durante este curso académico. Al tratarse de una asignatura de primer semestre, una vez adquiridos los conocimientos y superado la asignatura deberán aplicarlos en el segundo bloque de la asignatura Proyectos I. Por esta razón la cantidad de matriculados es muy alta, pero se observa cierta

desaprobación por parte del alumnado por haber sido llevados a matricularse sin, algunos, tener interés por la asignatura. Durante este periodo, EIII no sufre cambios de contenido, únicamente modifica los sistemas de evaluación.

Se propone una nueva asignatura BIM futura para 4º curso. Además, y como ya se ha mencionado, la implantación debe hacerse en el plan de estudios vigente, sin modificarlo, por lo que se comienzan a estudiar otras posibilidades para impartir más conocimientos BIM.

3.1.3.3 BIM como soporte al aprendizaje

Durante este curso, tal y como estaba previsto, se incentiva a los alumnos para que utilicen Revit® en la asignatura Proyectos I (tercer curso de grado), siendo conscientes de que los que llegan a este nivel sólo han recibido conocimientos básicos. Finalmente, doce alumnos desarrollan la materia utilizando BIM, un número significativamente mayor de los cursos anteriores donde una o dos personas a lo sumo optaban por dicho enfoque. Aún y todo, teniendo en cuenta las matriculaciones de GEA, el porcentaje de alumnos que utilizan Revit® en la asignatura Proyectos I es de aproximadamente un 30% de los matriculados en ambas asignaturas. Al haber sido EIII altamente recomendable, se animan a utilizarlo más alumnos que en cursos previos. Aún y todo, la participación no es demasiado alta. Profesores de BIM asisten a cinco sesiones de Proyectos I para solucionar dudas puntuales y el profesorado de Proyectos evalúa positivamente a los alumnos que se esfuerzan en hacer la asignatura con dicho software. De todas formas, el alumnado traslada al profesorado la dificultad de utilizar el software de forma fluida, declarando sentirse más cómodos en la utilización de Autocad®. Afirman no tener suficientes conocimientos y eso provoca dudas de software y no de la asignatura en cuestión, lo cual ralentiza el avance en la materia.

Mientras tanto, mediante reuniones del profesorado BIM y las otras áreas de la escuela, se van estudiando posibilidades para comenzar a introducir BIM en sus asignaturas durante el próximo curso. El profesorado afirma tener dificultades para integrar BIM en sus asignaturas por falta de horas lectivas en cuanto a los ECTS. La asignatura Sostenibilidad incorpora ya alguna sesión con software BIM, aunque no termina de funcionar porque el alumnado con conocimientos llegará el siguiente curso académico y, además, no se han

pactado las versiones de los softwares previamente con el profesorado BIM y surgen algunos problemas en las sesiones por la falta de coordinación entre ambas áreas.

En este sentido, se fomentó que el alumnado que estuviera interesado en fortalecer su aprendizaje se pudiera apuntar a los cursos ATC (externos al grado) ya que los alumnos que en este periodo estén en 3º curso o superior no recibirán más conocimientos BIM durante sus estudios. Se aprecia gran participación en dichos cursos, sobre todo, por parte de los alumnos que han realizado EIII durante este periodo, los cuales trasladan al profesorado querer aprender más por ser conscientes de que los siguientes cursos sí lo harán. Por petición de ellos mismos, se plantea la posibilidad de comenzar a ofrecer cursos más especializados y se prepara un curso de Revit® MEP, aunque finalmente, pese a las peticiones, no se abre por falta de participantes.

En este momento del estudio existían contenidos maquetados para los cursos online de Revit® básico y avanzado. Ante la salida de nuevas versiones de forma anual y la constante intención de mejora en los cursos online que ofrece la escuela, se identificó la necesidad de actualizarlos. En paralelo, el MBIMM comienza la grabación de la asignatura Proyecto Arquitectónico en formato online, la cual coincide, en gran parte, a los contenidos impartidos en grados. Se plantea la posibilidad de que dicho curso, o parte de él, en un futuro pueda aprovecharse en grados y, de esta forma, aprovechar esfuerzos.

3.1.3.4 Formación al profesorado

En enero de 2019 el profesorado recibe una formación de Revit® básico de 24h. Aunque las asignaturas implicadas durante este curso académico son Proyectos I y Taller II, el curso se ofrece a todo el profesorado, con un máximo de 20 plazas y, en caso de ser necesario, se abriría un segundo grupo. De la misma forma, en junio de 2019 el profesorado recibe una formación de Revit® avanzado de 24h. En este primer periodo, se apuntan 14 profesores al curso básico y 10 al avanzado, teniendo en cuenta que 3 de ellos profesores son profesorado de asignaturas de herramientas. Teniendo en cuenta que los cursos se habían ofrecido a todo el profesorado y promovido particularmente a profesores de 22 asignaturas, la cantidad de asistentes fue testimonial con tan sólo un 10% de la plantilla de profesores (15 de unos 165 aproximadamente). Adicionalmente, para el profesorado que tuviera imposibilidad de

asistir, se ofreció el mismo curso en formato online (aun estando en necesidad de una actualización, podía servir como formación interna de la escuela). La respuesta por parte del profesorado en este caso fue menor, tres realizaron el curso básico y el avanzado fue anulado por no haber participantes.

3.1.4 2019-2020

Es relevante hacer referencia a la situación provocada por el Covid-19 durante el curso 2019-2020. La pandemia lleva a realizar confinamiento en marzo de 2020 y la impartición de clases pasa a ser desde casa, lo cual afecta a asignaturas anuales y de segundo semestre. Este hecho hace que las asignaturas deban cambiar su sistema de evaluación dando más importancia a la formación continuada y a la asistencia, a partir de dicho momento, y menos al trabajo fuera de horario lectivo. También se modifica el tipo de exámenes para poder evaluar al alumno a distancia. La pandemia ralentiza la implementación BIM por diversos motivos. Entre ellos, en el caso de las asignaturas BIM, por el esfuerzo que provoca al profesorado en la impartición de contenido en formato online y, en el caso de las asignaturas del resto del plan de estudios, por la misma razón, el profesorado tiene dificultades para fomentar el BIM entre sus alumnos.

De la misma forma que en el periodo anterior, el diagrama de Gantt de la Figura 42 muestra las acciones llevadas a cabo durante el curso 2019-2020.

3.1.4.1 *General e investigación*

Se continúa trabajando en el análisis de ECTS dedicados a BIM que imparten las distintas universidades españolas y sus estrategias de implementación, también se asiste de nuevo al EBS. Se continúa trabajando en el análisis cuantitativo a través de encuestas a alumnado y profesorado y trabajando en el modelo específico de implementación BIM.

Para llevar a cabo las acciones que se explican a continuación, se crea una red interna para el trabajo colaborativo de los alumnos en las aulas y se amplía nuevamente el equipo docente con especialistas BIM.

3.1.4.2 *Asignaturas BIM*

Durante este periodo el primer contacto con metodología BIM se realiza en EII, en 2º curso, y el alumnado que realiza EIII recibe la primera formación de BIM avanzado dentro del grado. Durante el curso académico 2019-2020 y, tras la primera fase de implantación en 2018-2019, en EII se añaden dos sesiones de RV del software Enscape y se elimina la sesión en la que se muestran los proyectos a través de gafas RV por la imposibilidad de realizarla por la pandemia. Igual que en el curso anterior, el ejercicio realizado por los alumnos tiene relación con el proyecto de investigación Mineco y se presenta en la exposición de GamePlay del Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona (CCCB). Aprovechando esta exposición se pretendía fomentar la asistencia de alumnado y profesorado a la visita, y de esta forma dar visibilidad a los trabajos realizados en BIM. El confinamiento provocado por la pandemia derivó en el cierre de la exposición poco después de su apertura, con una reapertura posterior y extensión de la misma hasta agosto de 2020.

Previamente a la pandemia el alumno no dependía de su ordenador personal porque la escuela ofrecía aulas de informática, disponibles fuera de horario lectivo para aquellos alumnos que quisieran utilizarlo. Al estallar la pandemia el aprendizaje del alumnado se ralentiza por las complicaciones que les supone la instalación de nuevo software y, en muchos de los casos, la falta del hardware necesario por parte del alumnado. Lo cual afecta considerablemente a las asignaturas de herramientas y, en consecuencia, a la implementación BIM.

EIII es una asignatura semestral de 3ECTS a la cual se añaden 2h semanales para dar más formación BIM sin cambiar su cantidad de créditos y se estructura en 2 partes: teoría, evaluada de forma individual, y workshop, evaluada en grupo, Figura 43. Por esta razón, la evaluación se realiza con entregas semanales dentro del horario lectivo, sin que el alumno tenga que realizar trabajo fuera de este horario. La asignatura pasa de impartir conocimientos BIM básicos a avanzados, por ser el itinerario en el que los alumnos ya recibieron BIM básico el curso anterior. Se imparte Revit® avanzado para que el alumno empiece a gestionar correctamente su modelo, recibiendo formación de modelado más avanzado y conceptos de procesos y flujos de trabajo. El LOD100 que realizaron el curso anterior deben modificarlo para convertirlo en un LOD300 (aproximadamente) con la información requerida por el profesorado. Los alumnos trabajan en grupos de tres personas de forma colaborativa a modo de workshop, en un aula de informática de la escuela, donde aplican los conocimientos recibidos en las horas teóricas. El workshop ofrece también pequeñas píldoras de conocimiento de aproximadamente 10 minutos de duración. Entre ellas; colaboración BIM, leyendas de carpinterías, introducción Revit® MEP, nube de puntos a través de DRON.

| | TEORÍA (2h) | PÍLDORAS/WORKSHOP (3h) | | ENTREGAS WORKSHOP | EVALUACIÓN INDIVIDUAL |
|------|-------------|--|-----|----------------------|---|
| SEPT | T0 | Presentación Curso | W1 | Colaborativo/Links | |
| | T1 | Emplazamiento y organización | | | E1 Organización navegador/Archivo urba |
| | T2 | Cubiertas y falsos techos | W2 | Sombras | E2 Emplazamiento |
| OCT | T3 | Edición de Muros cortina y circulación | W3 | Edición de elementos | Book |
| | T4 | Plantillas, filtros y codificación | | | E3 Plantas |
| | T5 | Detalles constructivos | | | E4 Plano filtrado tabiquería, Plano falsos techos |
| NOV | | Book | W4 | Caja de sección | E5 Alzados, Secciones |
| | | | | | M Midterm |
| | T6 | Familias avanzadas | | | E6 Detalles |
| DIC | T7 | Sistemas adaptativos | W5 | Interoperabilidad | E7 Acotaciones + Planta cubierta |
| | T8 | Fases y opciones de diseño | W6 | Carpinterías | E8 Tablas, Plano Carpinterías |
| | T9 | Introducción MEP | W9 | Rango de vista | E9 Fontanería |
| ENE | T10 | Qué es BIM/flujos CAD | W10 | | E10 Preentrega Book |
| JUL | | | | | EX Entrega/Book Final |
| | | | | | EX.R Examen conv. Extraord. |

Figura 43. Sesiones EIII. Fuente: elaboración propia

Al incluir el modo colaborativo y ciertos procesos en las píldoras se pretende facilitar a otras asignaturas la introducción de algunos procesos BIM. Otro de los objetivos de la práctica es que los alumnos obtengan su propia plantilla para aplicar en asignaturas como proyectos o taller. También se les pide la realización de un libro/documento en el que crean sus propios apuntes de los procesos internos que han seguido para gestionar sus propios modelos, el cual, pueda servirles como guía interna en un futuro.

Para mostrar la continuidad de ambas asignaturas (EII y EIII), las Figuras 44 y 45 corresponden al LOD 100 realizado por un grupo de alumnos durante el curso anterior (2018-2019) en EII. Las imágenes corresponden a la entrega final del primer semestre mediante el software Revit®.

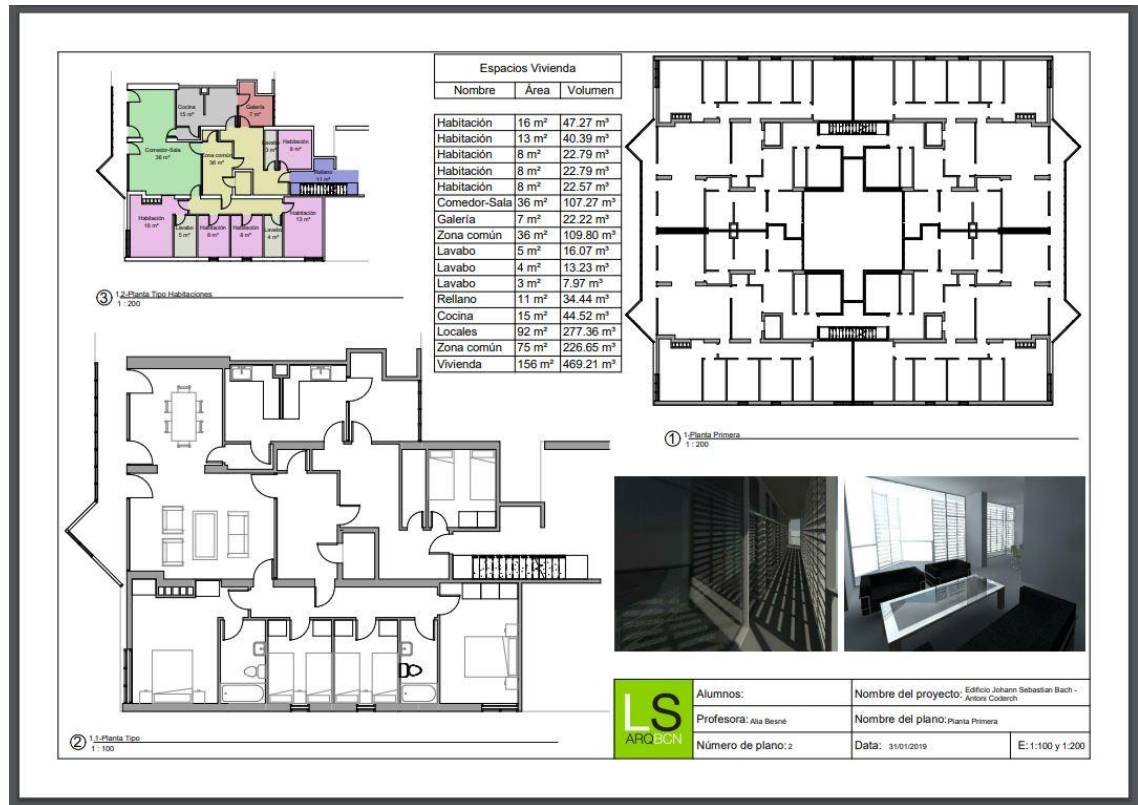


Figura 44. Ejercicio EII (2018-2019), planta de distribución.



Figura 45. Ejercicio EII (2018-2019), alzados.

La Figura 46 corresponde al ejercicio final del segundo semestre del mismo curso académico mediante los softwares: Revit®, Unreal y Photoshop.



Figura 46. Ejercicio EII (2018-2019), panel final.

Las Figuras 47, 48, 49, 50 y 51 muestran el LOD ampliado realizado en EIII durante el curso 2019-2020 del ejercicio anteriormente realizado en EII por los mismos alumnos.

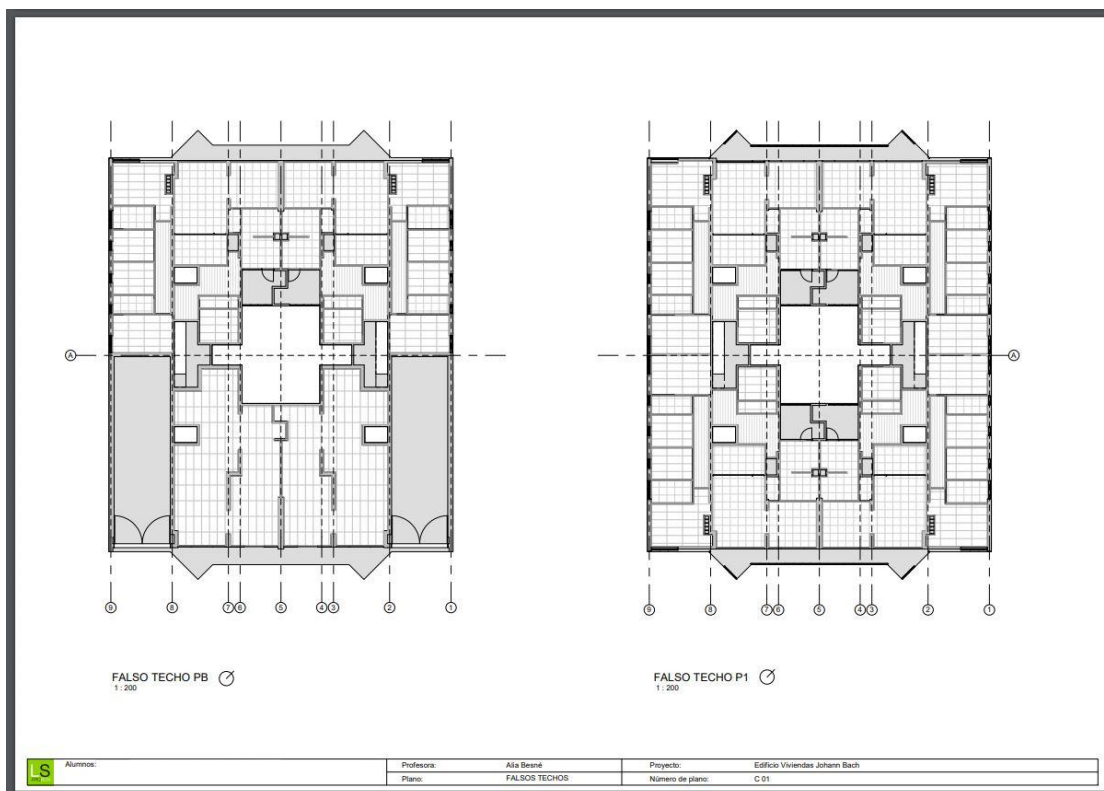


Figura 47. Ejercicio EIII (2019-2020), falsos techos.



Figura 48. Ejercicio EIII (2019-2020), planta distribución.

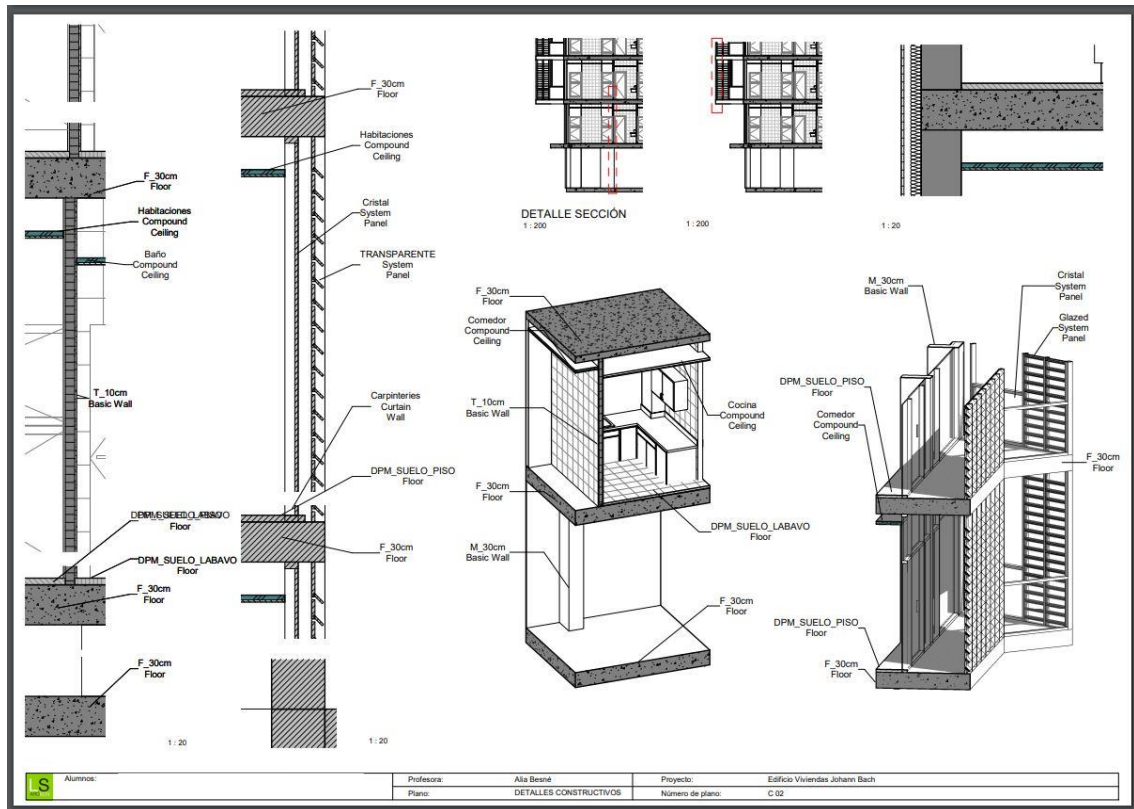


Figura 49. Ejercicio EIII (2019-2020), detalle de fachada.

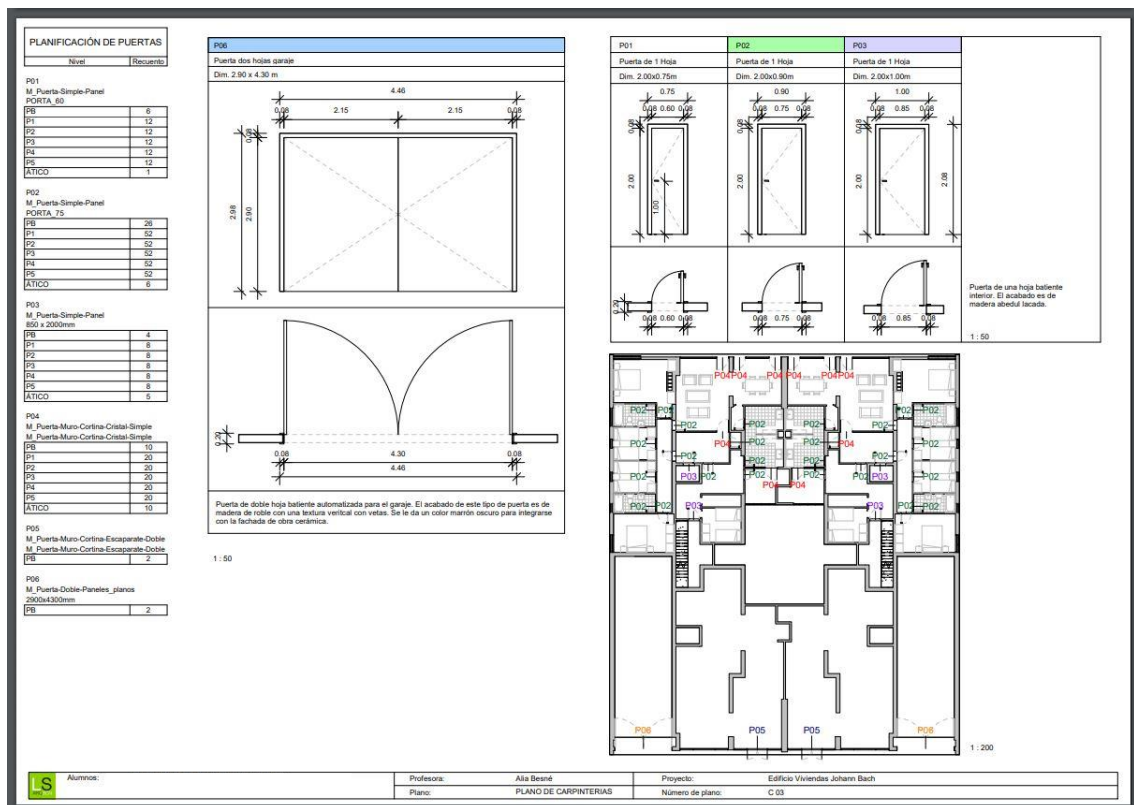


Figura 50. Ejercicio EIII (2019-2020), leyenda de carpinterías.

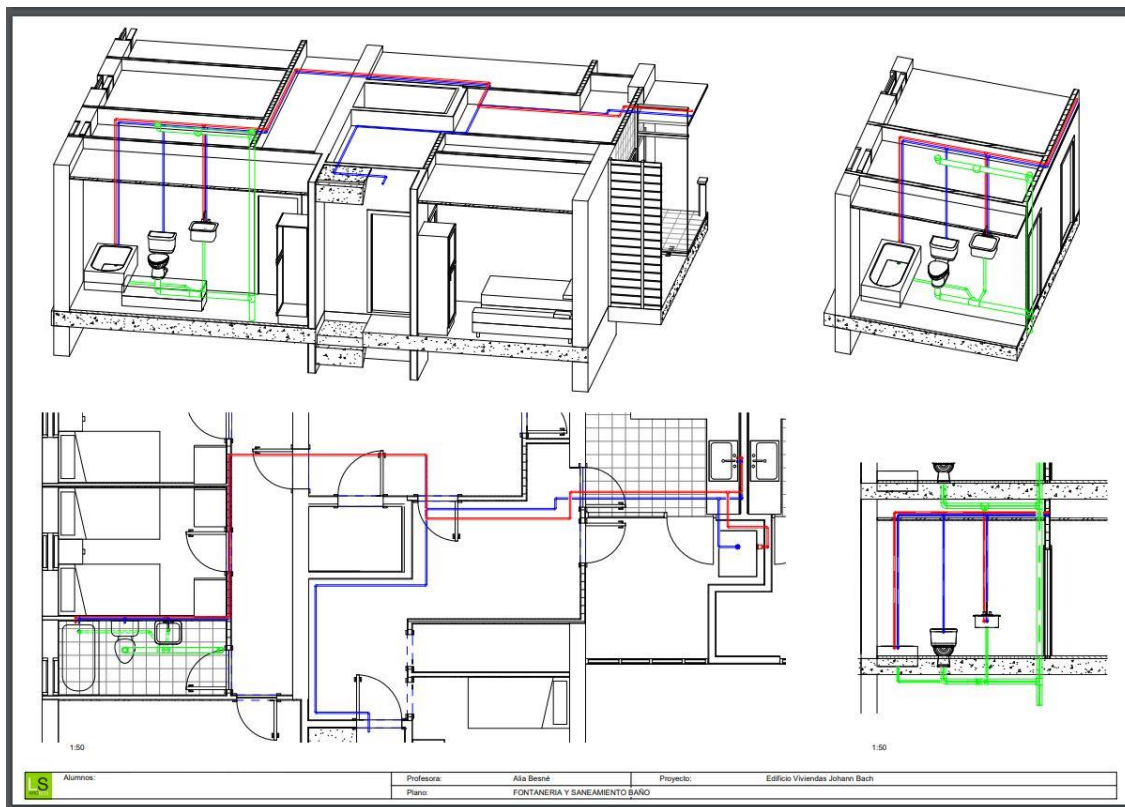


Figura 51. Ejercicio EIII (2019-2020), introducción a MEP.

Las Figuras 52 y 53 muestran un ejemplo de los apuntes que realizan los propios alumnos a modo de entregable con los pasos que han seguido durante las sesiones prácticas. Tanto el ejercicio como los apuntes, están realizados en su totalidad en el software Revit®.

In today's submission the goal was to create a group, using shared parameters, in order to give definitions of the walls. In order to do this, the first thing that we need to do is establish the formerly mentioned Shared Parameters. These are the ones that operate between different projects and families. In order to do this we will go to Manage -> Shared Parameters. We named ours "Wall_Typologies", since we want to use it to differentiate structural walls from partitions, we made it a "text" parameter, and we assigned it to the wall elements. Once this is done, we can move on to create a filter, which will allow us to modify the visibility of elements that have common properties among them. When we open the "Filter" tab we will see that it is divided in three columns. In the first one we will rename the existing filter and duplicate it to create new ones. The second one, named "categories" is where we will select the elements that we want our filter to apply to (in our case we picked "Walls"), and in the third column is where we will define what to do, in this case we will pick first select our Shared Parameter (Wall_Typology), then "Equals to", and then either "Structural" or "Partition". The last thing to do, in our case, is assign patterns and colors to the elements under these filters. First, we type in "VV" to access the Visibility Settings, and then on top we go into the "Filters" tab. We will import the two that we previously created and simply select the color and pattern. Now we are ready to start applying them, so we'll select whichever ones we want to change, and we can do so in the "Properties" tab. We will find the option under "Text". Something important to take into consideration is that these filters will be applied to all the elements in the same category.

The same process was applied to Ceilings in our case.

Project Name: **Juan Sebastian Bach 7** | Author: | Sheet Name: **Filters Explanation** | E01

Figura 52. Apuntes EIII (2019-2020), filtros.

COLLABORATIVE WORK

In order to be able to work on our project at the same time from different devices we had to create a collaborated file.

First step was to activate collaborative file. It was made by going into Collaborate tab and later on choose Collaborate. In our case, we are collaborating within the school network given the fact that we do not have a Autodesk 360 Account.

Once this file is converted into a collaborative file what we will do is save it on the common class file as a Central file first. This will be the one that contains the final project that we will all be working on at the same time from our local files.

In order to create the local files it's even more simple. We will open a new file from the Revit home page, and go to the previously saved CENTRAL file, making sure the bottom of the option page marks "Create New Local". Once this "new" file is opened all we need to do is save it under a different name, containing our initials.

The reason for this is that each group member can work at the same time from their own local file, which will then serve as sort of a bridge towards the main Central file containing the object. It is very important to work only from the local files because once you open the Central file all the work done during the session from the locals will be erased.

In order to distinguish and distribute the work, each member has to "create" their own username. In order to do this all that needs to be done is to go on File -> Options - and then type in the name, in our case, each person's initials (meg, jmo, fmb). The thing with working under different names, is that sometimes you're working on Worksheets, where each part has an "owner" so in order to edit something created by a different user you need to ask for access, and cannot work on it until it has been granted.

In order to be able to edit elements created by another user you need to synchronize the file making sure the "Borrowed elements" tab is checked, to allow access to other users.

Project Name: **Johann Sebastian Bach 7** | Author: | Sheet Name: **Collaboration tutorial** | E07

Figura 53. Apuntes EIII (2019-2020), trabajo colaborativo.

En el caso de alumnos de GEA, durante este curso académico no se les es exigido matricularse de la asignatura al mismo tiempo que realizan Proyectos I. Se pretende que vayan apuntándose de forma natural, lo que provoca que la cantidad de matriculados sea menor en este periodo. La matriculación es un 64% menor respecto al curso anterior, 23 alumnos matriculados frente a 64 en 2018-2019. El profesorado observa una buena respuesta por parte del alumnado en cuanto a los conocimientos impartidos, y reflejada en un aumento de la nota promedio de la clase. Es relevante mencionar que no se llegan a impartir algunos conocimientos que habían sido planteados en un inicio por falta de tiempo dentro de la asignatura, entre ellos: Navisworks®, Dynamo, impresión 3D. Incluso, aunque hubiera sido posible en cuanto a la falta de tiempo, los profesores observan que algunas de estas píldoras serían incluso demasiado avanzadas para el conocimiento del alumnado, como por ejemplo: enseñar al alumno cómo modelar para obtener mediciones y presupuestos, y exportar al software específico de mediciones cuando aún no han cursado las asignaturas que les enseñan a medir y presupuestar. Por lo que, por el momento, se dejan de lado para plantear introducir las en un momento más avanzado de sus estudios en las asignaturas que corresponda.

También se observa la necesidad de un “ratio” reducido de alumnos por profesor, aproximadamente 14-15, sobre todo durante el trabajo colaborativo, debido a la duración de resolución de dudas que supone este tipo de sistema de trabajo. El alumnado traslada al profesorado su aumento de motivación al trabajar en modo colaborativo porque agilizan sus procesos de trabajo y, al realizar las entregas en horario lectivo, ya que están acompañados en todo momento cuando tienen dudas para resolver.

En este momento la escuela informa del nuevo plan de estudios que dará comienzo en 2022-2023, lo que afecta directamente a la implantación BIM, teniendo que pensar en estrategias que funcionen también en el nuevo plan. Por lo tanto, la ampliación de horas de trabajo colaborativo se replanteará más adelante ya que la asignatura será obligatoria en el nuevo plan de estudios. La asignatura GIS también será obligatoria y se proponen 2 asignaturas optativas (Escenarios inmersivos e impresión 3D, Sostenibilidad y gestión integral del proyecto arquitectónico) en las que se detalla: contenido, evaluación, competencias y actividades formativas. Ambas incluirían BIM y nuevas tecnologías para que el alumno pueda aplicar estos conocimientos en el resto de las asignaturas. Tras la propuesta,

se contacta con el área de instalaciones y se plantea la posibilidad de crear la segunda asignatura optativa mencionada de forma conjunta, entre ambas áreas, instalaciones y expresión gráfica. Debido a que los alumnos cada vez lo demandan más, consistiría en una asignatura en la que por parte de expresión gráfica aprenderían a modelar instalaciones y, por parte del área de instalaciones, su funcionamiento. Se comienzan a diseñar contenidos, objetivos y se prepara una plantilla de Revit® MEP para la realización de prácticas.

3.1.4.3 BIM como soporte al aprendizaje

Los alumnos que han realizado EIII integran el software en Proyectos I durante el 2º semestre con mayor facilidad que el curso anterior, aunque continúan trasladando que les resulta dificultoso controlar el grafismo del software, aspecto indispensable en la asignatura de Proyectos I. A final de curso se visualizan algunos proyectos con gafas RV en horario de la asignatura.

Las distintas áreas comienzan a incorporar profesores con altos conocimientos BIM para las distintas materias, como, por ejemplo, el área de instalaciones y estructuras. En el área de instalaciones en concreto, varios de los profesores tienen altos conocimientos en la metodología y realizan una prueba piloto en la que ofrecen 10 sesiones BIM de 2 horas de duración en la asignatura sostenibilidad. A pesar del esfuerzo, continúan teniendo algunas dificultades en dichas clases ya que, sólo algunos de sus alumnos han recibido formación avanzada en EIII por ser optativa para GEA.

Durante este periodo, es importante citar el concurso de Pladur® (*Concurso Pladur*, n.d.), el cual tiene una buena acogida por parte de los alumnos, donde participan 5 grupos compuestos por 14 alumnos, 12 de ellos de últimos cursos de la ETSALS. El premio local BIM, compuesto por el grupo 'Galeria 8', accede a la mención ibérica Pladur® BIM, donde es requerido presentar un modelo IFC y utilizar los objetos Pladur® BIM dentro del desarrollo de la propuesta arquitectónica.

En paralelo y, de forma interna, se comienza la preparación de una plantilla arquitectónica (Revit®) para que alumnos y profesores tengan más facilidad a la hora de integrarlo en asignaturas de proyectos y taller, Figuras 54 y 55. También se prepara un libro

de estilo a modo de guía de aprendizaje para alumnos y profesores donde se detalla cómo proceder a la hora de utilizar el software y las plantillas, Figura 56. Ambos documentos se preparan en español e inglés para poder ser ofrecida a todos los alumnos el próximo curso.

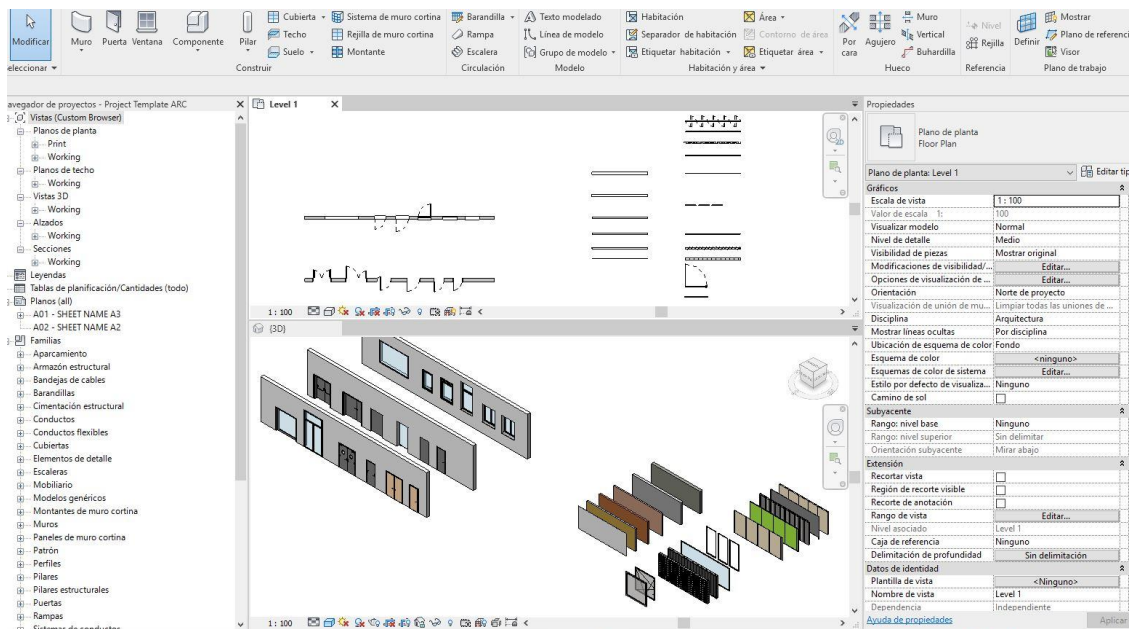


Figura 54. Plantilla ETSALS (modelo). Fuente: elaboración propia

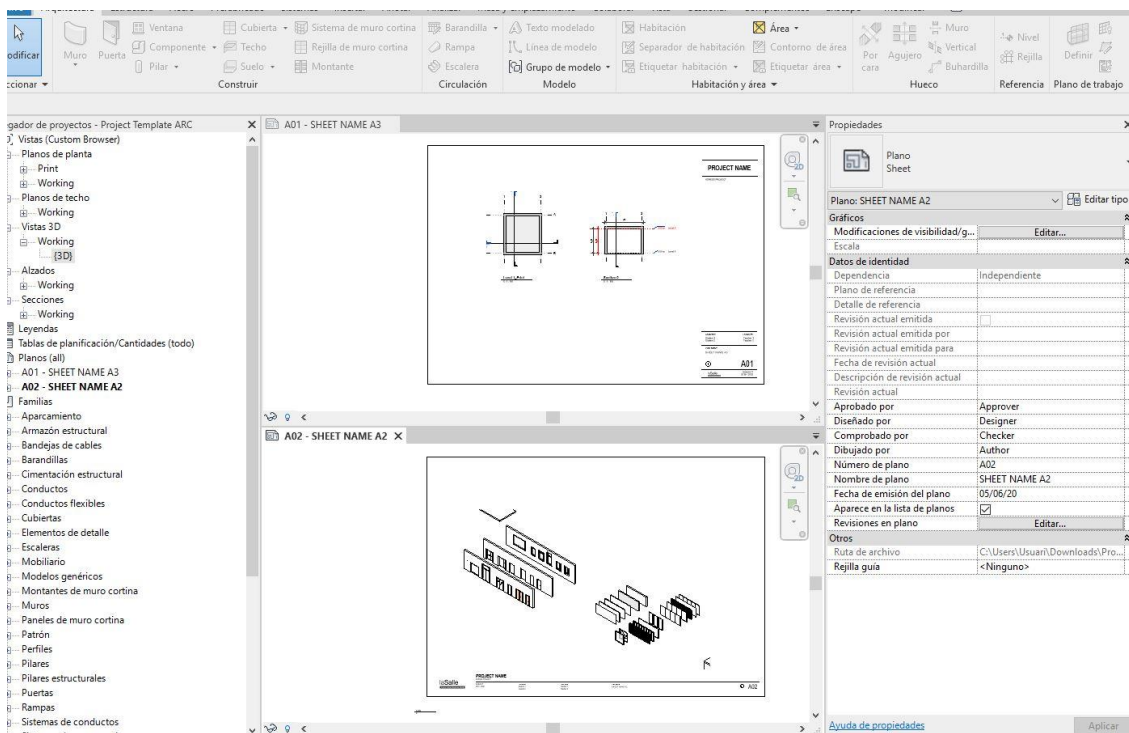


Figura 55. Plantilla ETSALS (planos). Fuente: elaboración propia

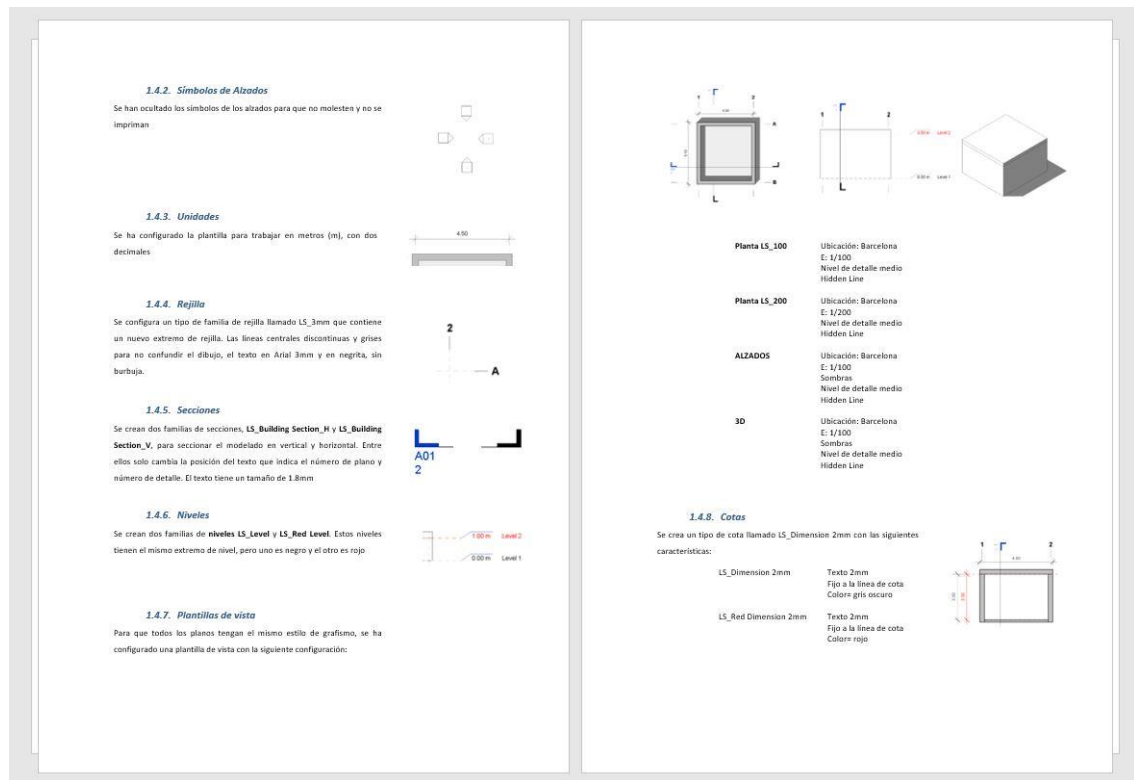


Figura 56. Libro de estilo ETSALS. Fuente: elaboración propia

3.1.4.4 Formación al profesorado

Se realiza la segunda edición de cursos para profesorado. Esta vez la acogida es de 7 participantes en mayo de 2020 en el curso básico y de los mismos 7 participantes en junio de 2020 para el avanzado. Ambos cursos se realizan de forma virtual, a través de zoom, debido a la pandemia. Durante este periodo no se lanzan cursos en formato online por baja participación.

Se ofrece la posibilidad de realizar el Máster en BIM Management o parte de él. Solo un profesor decide realizarlo. Para el resto, ya que el máster supone muchas horas de dedicación, se ofrece formación especializada por áreas. Sin embargo, la mayoría de profesorado aún no tiene los conocimientos suficientes como para realizar estas formaciones por lo que se abrirán más adelante.

3.1.5 2020-2021

Durante este curso académico es importante mencionar la afectación de la pandemia en la impartición de clases y, por tanto, la ralentización de la implementación BIM. Aunque ya no hay confinamiento, la incidencia de casos es alta y las restricciones continúan siendo considerables. La escuela decide ofrecer las clases en formato Smart Learning, de forma que el profesor y alumnos asisten a clase presencialmente, mientras que, si hay algún alumno confinado por Covid19 o contacto directo, puede asistir a clase simultáneamente de forma online a través de la plataforma.

De la misma forma que en los periodos anteriores, el diagrama de Gantt de la Figura 57 muestra las acciones llevadas a cabo durante el curso 2020-2021.

| Resumen acciones Implementación BIM en Grados GAE y GEA (ETSALS, URL) | | | |
|---|-----------|--|-----------|
| 2018-2019 | 2019-2020 | 2020-2021 | 2021-2022 |
| General + Investigación | | | |
| | | No se mejora el hardware de aulas | |
| | | | |
| | | Diseño de un modelo de implantación BIM específico para ETSALS | |
| | | No se asiste al BIM Summit | |
| | | Encuestas de satisfacción alumnado tras formación | |
| | | | |
| | | Clases smartlearning. On-off campus simultaneamente | |
| | | Análisis de métodos de implantación en universidades del mundo (ambos grados) | |
| | | Encuesta específica profesorado para evaluar sus necesidades para implantar BIM | |
| | | Reducción equipo docente BIM | |
| | | | |
| | | | |
| Incluir BIM en el plan de estudios | | | |
| | | | |
| | | EII: Sesión de RV, gafas | |
| | | EII: Ya no será obligatorio para GEA, de forma natural se pretende que vayan apuntándose | |
| | | | |
| | | | |
| | | EII: Se continúan realizando píldoras de conocimiento para ampliar conocimientos BIM | |
| | | EII: No se trabaja en red por imposibilidad de conexión off-on campus a misma red | |
| | | EII: Se reducen sesiones BIM por pandemia, mayor trabajo del alumno al no trabajar en colaborativo | |
| | | EII y profesorado: Elaboración completa curso online Revit Básico (vídeos, apuntes, exámenes.) | |
| | | EII, EIII y profesorado: Elaboración de apuntes-tutoriales mejorados (Revit básico y avanzado) | |
| | | EII y EIII: Reducción de profesorado. | |
| | | | |
| | | | |
| BIM como soporte al aprendizaje | | | |
| | | Área taller: Un profesor de taller ha realizado el MRIMM | |
| | | Cursos ofrecidos en formato online | |
| | | Se plantea como incorporar BIM en otras áreas. Reuniones con proyectos, estructuras, instalaciones, construcción AT. | |
| | | | |
| | | Alumnos que han realizado workshop integran Revit en Proyectos I (2º sem) | |
| | | No es posible realizarlo por Pandemia | |
| | | | |
| | | | |
| | | Se ofrecen horas semanales de laboratorio de dudas (online) | |
| | | Elaboración vídeo para exponer trabajo BIM de alumnos de todos los cursos | |
| | | Elaboración de píldoras junto a investigación (GRETEL): Impresión 3D, Composición | |
| | | Asignaturas con falta de tiempo para integrar BIM, cambios en impartición de clases por pandemia | |
| | | Se descarta red interna en DS | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Formación a profesorado | | | |
| | | Anulado | |
| | | Anulado | |
| | | Elaboración completa curso online Revit Básico (vídeos, apuntes, exámenes.) | |
| | | | |
| | | Anulado | |
| | | | |
| | | Elaboración de apuntes-tutoriales mejorados (Revit básico y avanzado) | |

Figura 57. Acciones generales e investigación 2020-2021 BIM ETSALS. Fuente: Elaboración propia

3.1.5.1 *General e investigación*

Durante este periodo, se continúa investigando en estrategias de implementación BIM en grados. Tras analizar la situación en España, se observa gran disparidad y falta de coordinación por lo que, se realiza la revisión sistemática de literatura (detallada en el marco teórico) para observar que estrategias se están utilizando en el resto del mundo y detectar si existe una guía común para instituciones. También (como se verá en la subsección 3.3.3 del análisis perfil docente) tras observar las dificultades de incorporar BIM en el resto de las áreas, se realiza un análisis cuantitativo a profesorado más profundo y específico, donde el objetivo es evaluar las necesidades y dificultades de los profesores de distintas áreas.

Debido a la pandemia y con la necesidad de poder dar formación tanto en presencial como en virtual de forma síncrona, La Salle hace una inversión en el concepto anteriormente mencionado Smart Learning, un sistema interactivo y multimedia que permite el seguimiento de la clase en cualquier lugar. La migración a este sistema combinado con una congelación en la actualización de maquinarias y un ajuste en los “ratio” profesor-alumno conllevó un aumento de tiempo para preparar las clases y el seguimiento de las materias, lo que de forma directa influyó también en una ralentización en los procesos de implantación BIM por parte del profesorado. Dichos motivos dificultan que, también el alumnado invierta tiempo en el uso de BIM.

Con la finalidad de abarcar también a alumnos internacionales, el departamento de Marketing apuesta por ofrecer cursos de Revit® únicamente en formato online. Dicho departamento propone grabar ambos cursos (partiendo de su presupuesto) que posteriormente podrían aprovecharse para grados o formación interna a profesorado. A finales de este curso se diseña, graba y maqueta el curso básico completo con un sistema de autoevaluación que incluye evaluaciones y ejercicios.

3.1.5.2 *Asignaturas BIM*

EI, EII y EIII, al ser asignaturas donde se imparte software, es necesario que los alumnos off-campus compartan su pantalla para solucionar sus dudas y no es posible que realicen trabajos en grupo por falta de comunicación directa, lo cual ralentiza considerablemente las

sesiones. Por este motivo se decide destinar parte del presupuesto de implantación a que un profesor pueda atender las dudas de los alumnos off-campus en horario de prácticas y así evitar que el alumnado (sobre todo off-campus) no obtenga los conocimientos suficientes.

Se continúa trabajando en la realización de píldoras de conocimiento para EIII. Sin embargo, no se ha podido realizar en modo colaborativo por tener alumnos off-campus y on-campus simultáneamente y la dificultad de gestionarlo. Por esta misma razón, el alumno tiene mayor carga de trabajo de forma individual, lo que provoca reducir sesiones BIM. Se plantea la posibilidad de que el alumno realice el emplazamiento de la asignatura proyectos I en EIII de forma colaborativa y, de esta forma, unir la formación BIM con el aprendizaje en la asignatura de proyectos I para aportar continuidad y transversalidad. Sin embargo, no se deciden a tiempo los emplazamientos y se complica la organización entre ambas asignaturas, por lo que no se lleva a cabo.

Al observar las complicaciones de integrar BIM en el resto de áreas durante este periodo, se decide actualizar todos los apuntes de EII y EIII, ampliando las explicaciones a modo de tutorial y así facilitar (tanto a alumnos como a profesores) el aprendizaje. A falta de la traducción al inglés de dichos apuntes, aun no se ofrecen al alumnado por la necesidad de ofrecerlos a todo el alumnado por igual.

3.1.5.3 BIM como soporte al aprendizaje

Como ya se ha mencionado, durante este curso académico es más complicado mantener la misma continuidad en las reuniones con otras áreas por las dificultades académicas que ha provocado la situación del Covid19 y la adaptación a las clases en modo Smart Learning. Entre un 5 y un 10% de los alumnos aplica BIM en proyectos, un índice relativamente bajo, por lo que se decide ofrecer dos horas semanales de laboratorio online de dudas a todo el alumnado. Probablemente por realizarlo de forma online, son dudas puntuales las que llegan al laboratorio, no consiguiendo ampliar el porcentaje mencionado de alumnos que aplique BIM en las asignaturas.

De manera interna, se trabaja en la elaboración de un video para exponer en el hall de la ETSALS, donde se muestra el trabajo que hacen los alumnos en BIM. De esta forma se trata

de concienciar al profesorado y animar al alumnado a continuar con la aplicación de esta metodología.

Junto al grupo de investigación GRETEL, se trabaja en la creación de una serie de píldoras de conocimiento que pueden resultar muy útiles para ofrecer en distintas asignaturas: Impresión 3D, composición, RA... Estas píldoras están compuestas de vídeos y tutoriales.

Dados los buenos resultados que ha tenido el trabajo colaborativo en EIII, se propone trasladar el trabajo colaborativo al lugar donde los alumnos trabajan sus asignaturas, el DS, y así trasladar la metodología fuera del aula de informática, al lugar donde el alumno estudia habitualmente. Si el alumno únicamente tiene la posibilidad de trabajar en modo colaborativo BIM (modo en el que más partido puede obtener del modelo) en el aula de informática, dificultosamente aplicará BIM en las asignaturas. Por dicho motivo, se plantea la posibilidad de crear una red interna en DS. Dicha red facilitaría la implantación BIM, pero conlleva dificultades: acceso a la red desde el ordenador personal de cada alumno, falta de vigilancia en el aula, problemas derivados de hardware y/o software de cada caso particular etc. Al ya existir aulas de informática que ofrecen este servicio de forma controlada equitativa para cada alumno, el acceso a dicha red se irá estudiando para futuros cursos, cuando sea posible controlar dichas dificultades.

3.1.5.4 Formación a profesorado

Durante este curso académico no se ofrece formación al profesorado debido a la derivación de esfuerzos y atención al seguimiento híbrido derivado de la pandemia.

3.1.6 Curso en proceso, próximos pasos

Durante este curso académico se vuelve a la presencialidad y, tras haberse realizado un seguimiento pormenorizado los tres cursos anteriores y haberse ido detectado las

dificultades referidas, se continúa trabajando en la mejora de la integración BIM, centrándose en este punto en facilitar a las distintas áreas dicho cambio.

De la misma forma que en periodos anteriores, el diagrama de Gantt de la Figura 58 muestra las acciones del curso 2021-2022. En este caso, en color azul se muestran las acciones propuestas y en proceso de desarrollo.

3.1.6.1 General e investigación

Durante este periodo se evalúa el proceso de aprendizaje de los estudiantes en las asignaturas que imparten BIM, se realiza un análisis cuantitativo de los resultados en otras áreas de conocimiento y las necesidades del profesorado mediante las encuestas realizadas los tres cursos lectivos anteriores. Por último, se realiza un estudio cualitativo mediante entrevistas realizadas durante el presente periodo para definir futuros pasos y la percepción de los usuarios.

3.1.6.2 Asignaturas BIM

El objetivo principal de las asignaturas que imparten BIM es incorporar los máximos conocimientos dentro de la asignatura, sobre todo debido a la complejidad de hacerlo en otras áreas. Por ello, se comienzan a traducir a inglés los apuntes mencionados en el apartado anterior y, además de traducir los apuntes, en este momento el departamento de Marketing ha creado el curso de Revit® avanzado en formato online, por lo que, tanto el curso básico como el avanzado comienzan a traducirse. Apuntes y vídeos podrán ser ofrecidos más adelante a alumnos de grado en formato Flipped Classroom (Clase Invertida) y, de esta forma, poder impartir más conocimiento en las horas lectivas, centrándonos en avanzar en modo práctico y la resolución de problemas.

Por otra parte, se activa de nuevo la red interna para el trabajo colaborativo en EIII y se continúan creando píldoras de conocimiento.

3.1.6.3 BIM como soporte al aprendizaje

Al volver a la presencialidad, se decide llevar el laboratorio al resto de aulas, profesores BIM asistirán al DS para resolución de dudas en otras asignaturas. Además, se comienza a trabajar en la realización de una serie de píldoras sobre aplicación BIM, orientadas al resto de asignaturas, con el objetivo de mostrarlas en ese horario de laboratorio y con el objetivo de dar soporte y conocimientos al resto de asignaturas (en las que tenga sentido), por ejemplo: impresión 3D para la realización de maquetas de proyectos y urbanismo,

codificaciones, y conexión entre softwares BIM y mediciones para entender cómo se debe modelar y cómo afecta a la medición etc.

Con el mismo objetivo, además de las píldoras, se está trabajando en la realización de ejercicios que podrán ser utilizados en las asignaturas de mediciones y presupuestos. Son modelos ya codificados y preparados para que en dicha asignatura se enseñe a medir mediante tecnología BIM, sin cambiar el software principal de la asignatura, únicamente mostrando al alumno cómo se realiza el procedimiento.

También se comienza la creación de una librería de familias para que el alumnado pueda utilizarlas en asignaturas de proyectos y taller y así invertir su tiempo en gestionar mejor el modelo y no tanto en la realización de dichas familias. Esto ayudará a que el alumno pueda mostrar sus proyectos con una mejor visualización.

El área de construcción incorpora a una persona con conocimientos BIM. Entre las dos áreas se comienza a plantear la posibilidad de la realización de una librería de detalles tridimensionales de fachada que serán utilizados en las clases para enseñar a los alumnos su funcionamiento.

3.1.6.4 Formación a profesorado

Durante este curso académico, se percibe un mayor interés inicial en el profesorado por seguir alguna formación BIM. Se pretende lanzar de nuevo formación básica y avanzada a profesorado y también aprovechar los cursos online que se han realizado para facilitarles el acceso al mismo (la dedicación de los cursos online es completamente flexible y se adapta a las necesidades de cada uno).

Por otra parte, se pretende fomentar la formación a profesorado mediante la L.A.2, las píldoras de aprendizaje mencionadas anteriormente y los ejercicios que se están preparando internamente pretenden facilitar a los profesores que aún no han integrado BIM o tienen dificultades, que lo hagan de una forma más cómoda y con el soporte del equipo BIM en sus clases.

3.2 ANÁLISIS PERFIL ESTUDIANTE

El objetivo de este apartado es evaluar el seguimiento, adaptación, mejora, satisfacción y motivación de los alumnos, como eje principal, ante las propuestas metodológicas, tecnológicas y académicas propuestas en el proceso de implementación BIM diseñado. Para conseguir nuestro objetivo, hemos abordado una metodología mixta, utilizado por un lado un instrumento de medida previamente validado por un método Delphi entre expertos, encuesta de percepción, y unas entrevistas cualitativas basadas en el método BLA (Fonseca, La Salle, et al., 2013; Fonseca, Pifarre, et al., 2013; Redondo et al., 2016), todo ello con el fin de establecer relaciones causales entre la implementación y las interacciones académicas. En definitiva, se busca identificar, explorar, evaluar y mejorar los problemas que se puedan encontrar, como el análisis de las soluciones aplicadas y los resultados para obtener una educación de mayor calidad en cuanto a la incorporación de metodología BIM. En concreto, este apartado documenta los resultados de encuestas a alumnos durante 3 años consecutivos: 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021, y entrevistas realizadas en 2021. De igual modo que las observaciones en el apartado interior, la integración de tecnología BIM en asignaturas de herramientas ha dado resultados positivos. Sin embargo, el alumno no aplica la metodología en otras áreas, mediante las entrevistas se pretende analizar las razones.

3.2.1 Encuestas de formato lineal

La encuesta se pasa durante 3 años consecutivos (2018-2021) a alumnos que han realizado Revit®-BIM básico en 2º curso de ambos grados y a alumnos que han cursado Revit®-BIM avanzado en 4º curso de GAE (asignatura optativa en GEA) para evaluar la percepción sobre el caso de estudio.

En primer lugar, es necesario aclarar las diferencias entre unos cursos y otros. Durante el primer curso académico, al ser el primer año de implantación, no existe diferencia entre el temario dado en EII y el dado EIII por lo que se pasa la encuesta a un total de 66 alumnos, incluidos cursos más avanzados, para evaluar su percepción al respecto del proyecto de

implantación BIM. Además, durante este curso académico, se fomenta que todo alumno matriculado de Proyectos I (3er curso GEA) se matricule también de la optativa EIII, lo que en perspectiva genera el mayor número de respuestas de los tres cursos.

Durante el curso 2019-2020, Tabla 14, el temario de ambos cursos es ya lineal, el alumno que en ese momento realiza EIII ya hizo EII el curso anterior, por lo que adquiere un nivel avanzado en este momento. A partir de este curso no se fomenta explícitamente la realización de la asignatura junto con Proyectos I, quedando a la libre elección del alumno e implicando una cantidad de respuestas inferior al curso anterior, al haber menos matriculados en las materias de control. Otro factor a tener en cuenta fue la llegada del confinamiento por la pandemia derivada del Covid-19. En este sentido, no se pudo continuar con muestras de alumnos en cursos superiores, quedándose circunscritos los resultados a los cursos de trabajo de las materias controladas.

Parte del análisis realizado se ha centrado en estudiar las diferencias de respuestas entre EII y EIII para averiguar si la percepción del alumno tras cursar EIII cambia respecto a la que tuvieron (los mismos alumnos) al realizar el curso básico (EII). Como veremos, se ha realizado un análisis exhaustivo con el total de las 162 respuestas (separando las 134 de EII y las 28 de EIII), todo ello mediante diferentes tipos de gráficas para identificar las variables más significativas.

Tabla 14. Respuestas alumnado según cursos

| Curso académico | Curso lectivo | Nombre asignatura y semestralidad | Aprendizaje BIM | Número de respuestas |
|-----------------|----------------|-----------------------------------|-----------------|----------------------|
| 2018-2019 | 2º GAE/GEA | EII (S1+S2) | Básico | 24 |
| 2018-2019 | 4º GAE/opt GEA | EIII (S1) + últimos cursos | Básico | 42 |
| 2019-2020 | 2º GAE/GEA | EII (S1+S2) | Básico | 34 |
| 2019-2020 | 4º GAE/opt GEA | EIII (S1) | Avanzado | 16 |
| 2020-2021 | 2º GAE/GEA | EII (S1+S2) | Básico | 34 |
| 2020-2021 | 4º GAE/opt GEA | EIII (S1) | Avanzado | 12 |

El instrumento de medida utilizado, la encuesta, está dividida en cuatro grandes apartados, ver Figura 59:

| Datos Estadísticos | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---|---|---|---|-------|
| Nombre y Apellidos (opcional): | | | | | | | | | | | |
| Edad: | | | | | | | | | | | |
| Nacionalidad: | | | | | | | | | | | |
| Titulación: | | | | | | | | | | | |
| Universidad: | | | | | | | | | | | |
| Curso académico: | | | | | | | | | | | |
| SOFTWARE | | | | | | | | | | | |
| Marca con una X la formación recibida y valora de 1 a 5 el nivel de conocimiento que consideras tener, donde 1: NINGUNO, 5: MUY ALTO | | | | | | | | | | | |
| SOFTWARE | En el grado 1 curso académico o menos | En el grado Más de 1 curso académico | Externa 0-50h | Externa Más de 50h | NO recibí formación | Nivel de conocimiento | | | | | |
| | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NS/NC |
| AUTOCAD | | | | | | | | | | | |
| LUMION | | | | | | | | | | | |
| SKETCHUP | | | | | | | | | | | |
| 3DSMAX | | | | | | | | | | | |
| RHYNOCEROS | | | | | | | | | | | |
| TWINMOTION | | | | | | | | | | | |
| REVIT | | | | | | | | | | | |
| ARCHICAD | | | | | | | | | | | |
| ALLPLAN | | | | | | | | | | | |
| NAVISWORKS | | | | | | | | | | | |
| DYNAMO | | | | | | | | | | | |
| UNREAL | | | | | | | | | | | |
| ENSCAPE | | | | | | | | | | | |
| AUTOCAD MAP | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| METODOLOGÍA | | | | | | | | | | | |
| Valorar de 1 a 5, donde 1: en DESACUERDO, y 5: totalmente DE ACUERDO | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NS/NC |
| Conozco la diferencia entre los sistemas CAD y la metodología BIM | | | | | | | | | | | |
| Utilizando BIM puedo tener un mayor control sobre el proyecto | | | | | | | | | | | |
| Conozco las ventajas del trabajo colaborativo BIM | | | | | | | | | | | |
| La visualización 3D de los modelos BIM es importante para la comprensión del proyecto arquitectónico | | | | | | | | | | | |
| La Realidad Aumentada y la Realidad Virtual ayudan a la comprensión espacial de los proyectos | | | | | | | | | | | |
| Me gustaría saber más sobre sistemas CAD | | | | | | | | | | | |
| Me gustaría saber más sobre metodología BIM | | | | | | | | | | | |
| Valora la cantidad de información que contiene un modelo BIM para su utilidad (donde 1: INSUFICIENTE, y 5: EXCESIVA) | | | | | | | | | | | |
| FORMACIÓN | | | | | | | | | | | |
| Valorar de 1 a 5, donde 1: en DESACUERDO, y 5: totalmente DE ACUERDO | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NS/NC |
| Considero necesaria la formación CAD en el grado | | | | | | | | | | | |
| Considero necesaria la formación BIM en el grado | | | | | | | | | | | |
| Estoy satisfecho con el grado de conocimientos CAD que he adquirido en el grado | | | | | | | | | | | |
| Estoy satisfecho con el grado de conocimientos BIM que he adquirido en el grado | | | | | | | | | | | |
| He utilizado el trabajo colaborativo BIM en proyectos durante el grado | | | | | | | | | | | |
| Mis conocimientos de CAD son suficientes para aplicarlos en otras asignaturas del grado | | | | | | | | | | | |
| Mis conocimientos de BIM son suficientes para aplicarlos en otras asignaturas del grado | | | | | | | | | | | |
| Primer curso de proyectos donde he aplicado BIM | | | | | | | | | | | |
| Primer curso de proyectos donde creo que debería aplicarse BIM | | | | | | | | | | | |
| Indica el grado en el que consideras que las materias deben estar integradas con BIM, donde 1: NADA/POCO, y 5: COMPLETAMENTE | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NS/NC |
| Proyectos | | | | | | | | | | | |
| Construcción/Taller | | | | | | | | | | | |
| Estructuras | | | | | | | | | | | |
| Instalaciones/Sostenibilidad | | | | | | | | | | | |
| Urbanismo | | | | | | | | | | | |
| Mediciones/Planificación/Presupuestos | | | | | | | | | | | |
| Gestión de proyecto/Gestión de obra | | | | | | | | | | | |
| Rehabilitación | | | | | | | | | | | |
| PROFESIÓN | | | | | | | | | | | |
| Valorar de 1 a 5, donde 1: en DESACUERDO, y 5: totalmente DE ACUERDO | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | NS/NC |
| Los sistemas CAD son útiles para mi profesión | | | | | | | | | | | |
| La metodología BIM es útil para mi profesión | | | | | | | | | | | |
| Mis conocimientos de CAD son suficientes para realizar un proyecto ejecutivo | | | | | | | | | | | |
| Mis conocimientos de BIM son suficientes para realizar un proyecto ejecutivo | | | | | | | | | | | |
| Considero que la metodología BIM mejora los resultados del proyecto en fase de diseño | | | | | | | | | | | |
| Considero que la metodología BIM mejora los resultados del proyecto en otras fases | | | | | | | | | | | |

Figura 59. Encuesta alumnado. Fuente: elaboración propia

- Matriz de software: Esta parte de la encuesta es una matriz en la que se pregunta por la formación recibida de distintas aplicaciones: si ha sido en el grado, fuera del grado, y en qué medida o si no se ha recibido formación. Por otro lado, el grado de conocimiento que se considera tener según el software.

- Formación: En este punto se pregunta sobre la formación recibida, básicamente comparando CAD con BIM.
- Metodología: Son preguntas sobre metodología, y sobre el grado de integración BIM con el resto de las asignaturas.
- Profesión: por último, algunas preguntas sobre la percepción de su futura utilidad.

La matriz de software se responde mediante selección múltiple y el resto de los apartados mediante escala Likert, donde 1: en desacuerdo y 5: totalmente de acuerdo.

El primer apartado de la encuesta busca conocer la formación recibida del alumnado en distintos softwares. La leyenda corresponde a:

- 1- En el grado (1 curso académico o menos),
- 2- En el grado (más de 1 curso académico),
- 3- Externa (0-50 horas),
- 4- Externa (más de 50 horas),
- 5- No recibí formación.

La Figura 60, muestra los resultados de las 162 respuestas, donde se observa que en los softwares que el alumno más formación recibe, y además dentro del grado durante 1 curso académico o menos son: Autocad®, Lumion, Revit®, Unreal y Enscape. En el resto de softwares, la mayoría de ellos, no han recibido formación. Los únicos softwares que destacan por haber recibido más de 1 curso académico son Autocad® y Revit®.



Figura 60. Formación recibida. Fuente: Elaboración propia

Además de conocer la formación recibida, es importante observar la percepción que el alumno tiene del conocimiento del software y de esta forma poder hacer una aproximación de la cantidad de tiempo necesaria de aprendizaje de los distintos softwares. La Figura 61 muestra que el nivel de conocimiento, valorado de 1 a 5, donde, 1 es: ninguno y 5: muy alto. El nivel de conocimiento que perciben tener corresponde con la formación que han recibido, pero con algunos matices. Han recibido 1 curso académico de formación en Autocad® y consideran tener un nivel muy alto. En el caso de Unreal, Enscape y Lumion, consideran tener menos nivel de conocimiento, pese a haber recibido también formación. Destaca, en la misma línea que los softwares anteriores el caso de Revit®, siendo el software que más formación han recibido (más de 1 curso académico) y, sin embargo, su percepción de nivel de conocimiento está por debajo del resto de softwares, lo cual demuestra que el aprendizaje de softwares de modelado BIM son más complejos, ya que el alumno necesita más formación que sistemas CAD para incrementar su nivel de conocimiento.

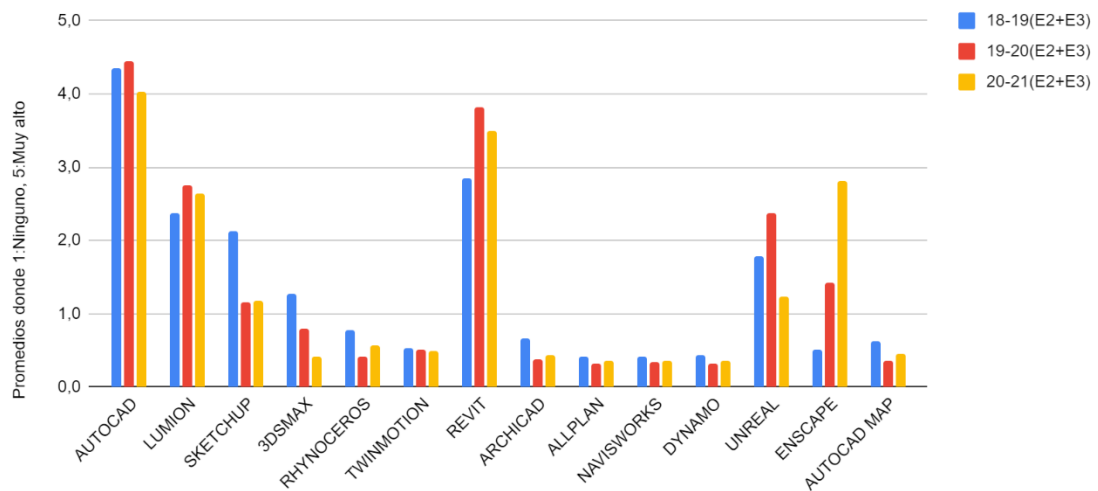


Figura 61. Nivel de conocimiento. Fuente: elaboración propia

En el apartado de metodología, se busca conocer la valoración de los alumnos sobre metodologías BIM y visualización a través de RA o RA. Los encuestados valoran de 1 a 5, donde 1: en desacuerdo, y 5: totalmente de acuerdo. El 0 corresponde a No Sabe/No Contesta (NS/NC). Tal y como muestran las Figuras 62 y 63, en este caso se ha extraído la gráfica separando EII de EIII y, teniendo en cuenta que durante el curso 2018-2019 en EIII se ofrecía BIM básico, al igual que EII, destaca que el alumno comprende mejor la diferencia entre sistemas CAD y BIM a partir de realizar el curso avanzado.

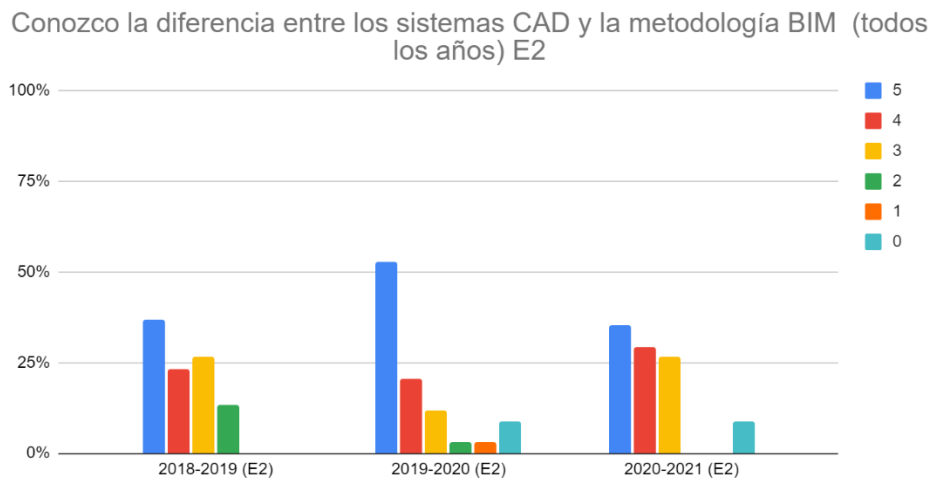


Figura 62. Conozco la diferencia entre los sistemas CAD y la metodología BIM (EII). Fuente: elaboración propia

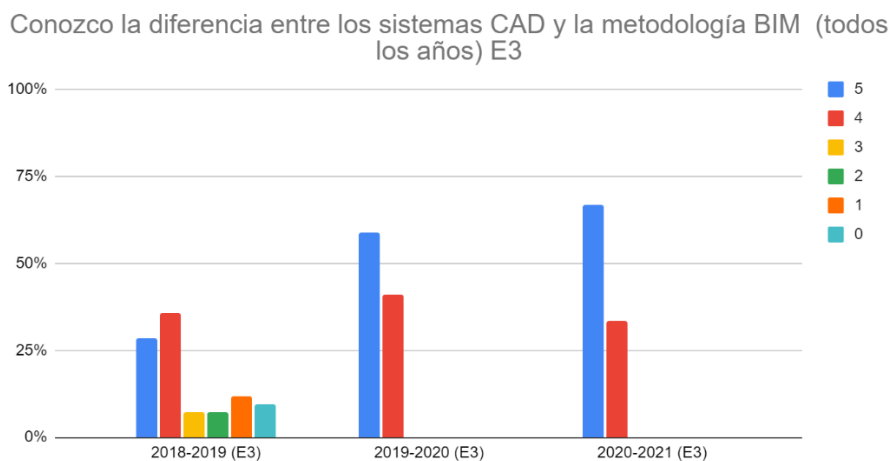


Figura 63. Conozco la diferencia entre los sistemas CAD y la metodología BIM (EIII). Fuente: elaboración propia

Lo mismo ocurre con la percepción que tienen sobre la pregunta, utilizando BIM puedo tener un mayor control sobre el proyecto, donde menos del 25% responde con un 5 a la pregunta en distintos cursos académicos de EII y más del 50% en EIII. De igual forma, comprenden mejor las ventajas del trabajo colaborativo BIM. En cuanto a las preguntas: La visualización 3D de modelos BIM es importante para la comprensión del proyecto arquitectónico/La RA y RV ayudan a la comprensión espacial de los proyectos, las gráficas se igualan. Aunque lo puntúan algo por encima los alumnos de EIII, todos ellos valoran con puntuación muy alta las dos preguntas anteriores.

Se realizan una serie de preguntas comparando CAD y BIM para observar las diferencias entre los distintos cursos. Cuando se les pregunta si les gustaría aprender más sobre metodologías CAD, tanto alumnos de EII como de EIII coinciden, alrededor de un 40% evalúa con la nota más alta esta pregunta, siendo mayor en encuestados de EII que de EIII. En contradicción, cuando se les pregunta lo mismo sobre metodologías BIM, en ambos cursos la percepción de querer aprender más es de, alrededor de un 70% con la puntuación más alta, siendo algo más baja en EII y superando el 75% en el caso de alumnos que han realizado EIII.

Estos resultados son relevantes, ya que cuando el alumno comienza a puntuar mejor BIM comienza a puntuar peor CAD. Aún y todo, ambos están puntuados de forma elevada. Al preguntarles si consideran necesaria la formación CAD y BIM en el grado, entre el 75 y 100% de los encuestados responde con una puntuación de 5, siendo la gráfica de BIM ligeramente más baja. En cuanto a si están satisfechos con los conocimientos CAD y BIM que han recibido en el grado, destaca que están más satisfechos con los conocimientos adquiridos de CAD que de BIM, mejorando las puntuaciones de BIM a partir del curso 2019-2020 donde se han formado también en BIM avanzado. Aún y todo, sigue siendo la gráfica de satisfacción en CAD la que destaca con puntuaciones de 5 entre el 50 y 75% de los encuestados. Al preguntarles sobre si sus conocimientos CAD y BIM son suficientes para aplicarlos en asignaturas del grado, entre el 50 y el 75% responde con la puntuación más alta en cuanto a CAD. En cuanto a BIM el porcentaje es menor al 25%, creciendo considerablemente a partir del curso en el que se ofrece BIM avanzado, pero sin superar el 50% en puntuación 4. Por lo que, de igual forma que en respuestas anteriores, se aprecia una mejora en cuanto a BIM a partir del curso citado, pero la percepción continúa siendo muy por debajo de CAD.

Posteriormente, la encuesta se enfoca a la aplicación BIM en el resto de las asignaturas. Entre el 50 y 75% de los alumnos encuestados a partir de 2019-2020 aseguran haber aplicado BIM en proyectos por primera vez en 2º curso.

También es de gran relevancia conocer la percepción del estudiante en cuanto al grado en que BIM debe incorporarse en las distintas áreas de conocimiento. Se les pide evaluar de 1 a 5 dicho grado de aplicación, donde 1: nada y 5: completamente. La Figura 64 muestra los resultados de la totalidad de los encuestados, independientemente de su itinerario. Como puede observarse, las áreas que destacan claramente sobre las demás son: Proyectos,

seguido de Construcción/Taller y, con bastante diferencia, seguido de Instalaciones/Sostenibilidad. En los ámbitos de Mediciones/Planificación, Gestión de Proyectos y Rehabilitación, muchos de ellos responden NS/NC (No Sabe/No Contesta), probablemente por la falta de conocimientos sobre el temario de las mismas debido al curso en el que se encuentran.

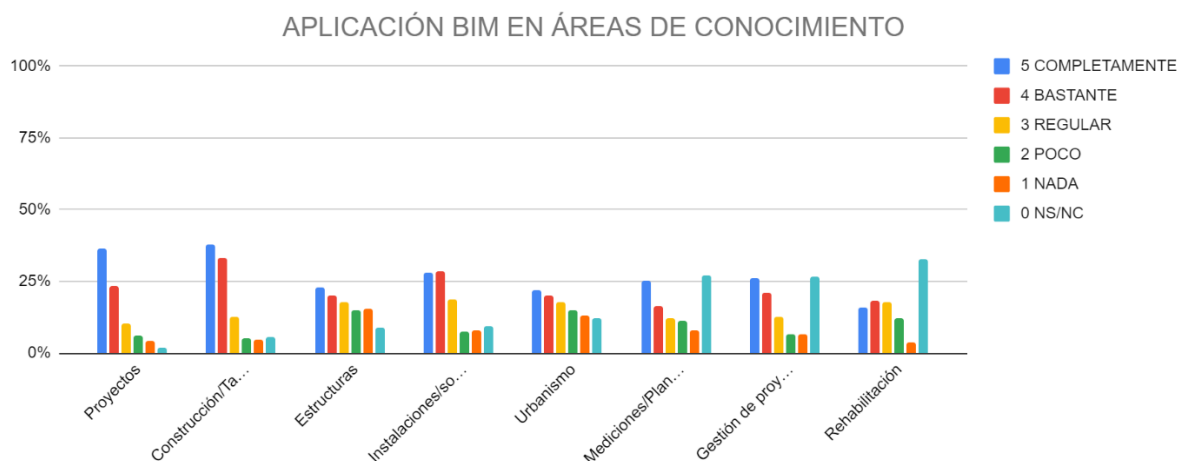


Figura 64. Áreas de conocimiento, aplicación BIM. Fuente: elaboración propia

3.2.2 Entrevistas

El análisis cualitativo se realiza mediante entrevistas semiestructuradas a 5 estudiantes durante el curso 2021. El perfil de estudiante es el que ha recibido formación básica y avanzada y en el momento de la entrevista está en cursos más avanzados donde cabe la posibilidad de que haya aplicado BIM. La entrevista se realiza de forma presencial excepto uno de los alumnos que por motivos de distancia se hace en formato online. El tiempo promedio de las entrevistas es de 15 minutos.

El objetivo de la entrevista es obtener respuestas sobre las asignaturas que imparten BIM (L.A.1), la aplicación de BIM en el resto de las asignaturas (L.A.2) y su percepción global en cuanto a la implementación en el plan de estudios. Las tablas 15 y 16 muestran los criterios de las entrevistas y las preguntas planteadas.

Tabla 15. Criterios de entrevista a perfil estudiante

| Criterio de la entrevista | Descripción |
|---------------------------|--|
| Perfil de usuario | Estudiante que ha recibido formación BIM básico y avanzado durante el grado y está en curso 4º o posterior |
| Objetivo de la entrevista | Valorar la percepción del alumnado ante la formación BIM recibida y su posterior aplicación en asignaturas |
| Método | Entrevista |
| Tiempo aproximado | 10-15 minutos |

Tabla 16. Preguntas de entrevista a perfil estudiante

| Preguntas |
|--|
| PE1. Describe lo mejor y lo peor sobre el aprendizaje BIM que has recibido por parte de las asignaturas que lo imparten. |
| PE2. ¿Has aplicado BIM en el resto de asignaturas? ¿en qué asignaturas? ¿cómo? ¿por qué? |
| PE3. En las que no lo has aplicado, ¿por qué? ¿qué dificultades has encontrado? |
| PE4. Tras haber trabajado en modo colaborativo, ¿cuál es tu opinión sobre él? |
| PE5. ¿Tendría sentido aplicarlo en distintas asignaturas de grado? ¿en qué asignaturas? ¿por qué? |
| PE6. En cuanto a los conocimientos BIM adquiridos durante el grado, ¿consideras que saldrás preparado para enfrentarte al mundo laboral? |
| PE7. A nivel global, ¿qué mejorarías y/o pedirías a la escuela para mejorar la integración BIM en los grados? |

Tabla 17. Respuesta a la entrevista a estudiante PE1. Describe lo mejor y lo peor sobre el aprendizaje BIM que has recibido por parte de las asignaturas que lo imparten.

| Estudiante | Comentarios resumidos. |
|------------|--|
| E1 | Lo mejor es que hacíamos una primera fase teórica y después ejercicio práctico. También recibíamos píldoras de conocimiento, es con lo que más se aprende. La parte menos positiva es el poco tiempo dedicado al aprendizaje. |
| E2 | Lo mejor fue aprender con un mismo proyecto que va evolucionando, se va reforzando en cada clase. Lo peor fue que al salir de la clase en la que hacíamos BIM dejábamos de usarlo. |
| E3 | Me gustó mucho, lo encontré muy práctico. Creo que nos tenían que haber enseñado cómo graficar planos ya desde 2º curso. |
| E4 | Lo mejor es que cuando construyes el proyecto tienes todo en el modelo. Esto ayuda a entender el global del proyecto sin tener que hacer maquetas, secciones o cosas a parte. Falta dedicar tiempo al grafismo de planos para poder utilizarlo en otras asignaturas, porque es lo primero en lo que se fijan, no tanto en el proyecto y normalmente nos rechazan por ese aspecto. |
| E5 | Lo mejor es que es que es muy dinámico y muy rápido de hacer, creo que vale mucho la pena. El proceso de hacer el modelado es largo y supone dedicarle mucho tiempo, hay que trabajar al detalle y ser preciso para que no sea un desastre. |

Tabla 18. Respuesta a la entrevista a estudiante PE2. ¿Has aplicado BIM en el resto de asignaturas? ¿en qué asignaturas? ¿cómo? ¿por qué?

| Estudiante | Comentarios resumidos. |
|------------|------------------------|
|------------|------------------------|

| | |
|----|---|
| E1 | No, no lo he aplicado. |
| E2 | Lo intenté, pero no. |
| E3 | Sí, lo apliqué en el segundo semestre de 2º en proyectos y en 3º en construcción e instalaciones. Lo usé porque al ser el proyecto del año anterior lo tenía modelado y me sirvió para hacer las modificaciones. |
| E4 | Lo intenté en taller, pero lo descarté. A lo mejor, falta de práctica. El proceso es más lento que en AutoCAD®, se pierde más tiempo intentando entender la herramienta que realizando el proyecto, y por eso te acabas decantando por una herramienta con la que tienes más facilidad o que llevas más tiempo utilizando. |
| E5 | Sí, he aplicado BIM en asignaturas de proyectos y construcción. En proyectos porque para hacer dibujos o secciones es mucho más rápido y ayuda a comprender el proyecto de manera tridimensional. En construcción porque verlo en 3D ayuda a entender cómo funciona el detalle constructivo, En 2D es más difícil detectar errores porque cuesta más verlos. |

Tabla 19. Respuesta a la entrevista a estudiante PE3. En las que no lo has aplicado, ¿por qué? ¿qué dificultades has encontrado?

| Estudiante | Comentarios resumidos. |
|------------|---|
| E1 | En el caso de proyectos por falta de agilidad, no me permite llegar al detalle con el cual llegaría con AutoCAD®, sobre todo a nivel estético. Y para instalaciones, la complejidad que tiene hacerlas con el programa, tira bastante para atrás. |
| E2 | Cuando hablamos de BIM yo me centré en Revit®. Si no estás constantemente trabajando con el programa y no tienes profesores que te ayudan para resolver dudas del programa es muy costoso aplicarlo en asignaturas nuevas. |
| E3 | Urbanismo, por ejemplo, porque eso es muchas líneas, ideas, y no tanto construcción física. O en construcción, porque es más fácil dibujar detalles en AutoCAD®. |
| E4 | En proyectos hay que ir haciendo, prueba y error y se detalla al final. Con BIM hay que trabajar mucho al principio y, aunque después ya lo tienes todo, se descarta para no perder tiempo en el proceso. |
| E5 | En la que no he aplicado nunca es instalaciones porque creo que es mucho más complejo hacerlo tridimensionalmente que dibujarlo en 2D. |

Tabla 20. Respuesta a la entrevista a estudiante PE4. Tras haber trabajado en modo colaborativo, ¿cuál es tu opinión sobre él?

| Estudiante | Comentarios resumidos. |
|------------|--|
| E1 | Poder trabajar todo sobre un mismo archivo en el que vas actualizando información me ha parecido bastante interesante. |
| E2 | Le vi una gran ventaja al trabajo colaborativo, ya que todo el mundo puede trabajar desde un mismo archivo, sobre todo si lo vas a aplicar luego en un despacho. Estar trabajando en grupo genial. |
| E3 | El colaborativo no lo usamos, con el tema COVID no pudimos. |
| E4 | Creo que está muy bien, es mucho más fácil integrar las cosas con otros compañeros y se actualiza al momento. |
| E5 | Sólo aprendimos a programarlo. Por dificultades de la pandemia COVID no pudimos usarlo. |

Tabla 21. Respuesta a la entrevista a estudiante PE5. ¿Tendría sentido aplicarlo en distintas asignaturas de grado?
¿en qué asignaturas? ¿por qué?

| Estudiante | Comentarios resumidos. |
|------------|---|
| E1 | Sí, si se hacen trabajos en grupo, que es a lo que ha ido tendiendo la escuela. Sería interesante aplicarlo en proyectos o construcción, trabajar sobre un mismo archivo las partes grupales. Aunque con un mejor servidor. |
| E2 | Lo veo complicado. Me gustó cuando estábamos en clase, pero para aplicarlo en otras asignaturas lo veo complicado porque por horarios no coincidimos para tener tiempo juntos. |
| E3 | (Ver anterior) |
| E4 | Yo creo que a lo mejor en taller un poco. En asignaturas de proyectos estaría bien, porque luego si te lo llevas a taller o instalaciones, ya tienes todo ya ahí. |
| E5 | (ver anterior) |

Tabla 22. Respuesta a la entrevista a estudiante PE6. En cuanto a los conocimientos BIM adquiridos durante el grado, ¿consideras que saldrás preparado para enfrentarte al mundo laboral?

| Estudiante | Comentarios resumidos. |
|------------|---|
| E1 | Sí, pero necesitaría un refrescado de todo lo que se ha impartido para volver a estar al día. |
| E2 | Yo creo que, a día de hoy, con optativas, no. En cuanto a BIM yo creo que se tiene que machacar más. No sé si aplicándolo en otras asignaturas estaría bien, pero creo que requeriría más horas para esa asignatura porque es un trabajo constante que se tiene que ir aplicando. |
| E3 | Creo que sí, creo que bastante. En 3º fue muy útil porque nos explicaste bien cómo hacer planos. |
| E4 | Al no utilizarlo durante toda la carrera por el tema del grafismo, si una herramienta no la utilizas pierdes el conocimiento adquirido y volver a ponerse cuesta más. Y en los despachos que he estado BIM no lo he tocado. |
| E5 | Yo creo que sí. Aquí en Bélgica hay mucha gente que utiliza BIM para las instalaciones y siento que me falta esa parte, pero yo creo que en España sí que puedo funcionar. |

Tabla 23. Respuesta a la entrevista a estudiante PE7. A nivel global, ¿qué mejorarías y/o pedirías a la escuela para mejorar la integración BIM en los grados?

| Estudiante | Comentarios resumidos. |
|------------|--|
| E1 | Pediría más tiempo para tener más agilidad con el programa. Lo primero que vimos fue CAD y quizá por eso es la herramienta que más tenemos por la mano. A lo mejor, si se diera desde el principio BIM, sería una herramienta con la que tendríamos más agilidad. |
| E2 | Que se aplique en otras asignaturas, con los profesores de la asignatura y un ayudante al que pudieras acudir. Un ayudante BIM en las otras, como si en proyectos tuvieras un ayudante para Revit®, podría ser una solución. |
| E3 | Que lo de 3º se enseñara ya en 2º. Porque en las clases de proyectos los profesores dicen 'no uses Revit®, porque no sabemos usarlo y no lo hacemos bien. |
| E4 | Yo creo que falta otro curso más para acabarte de llevar de la mano. Porque si lo vas utilizando en 2º, 3º, y luego lo llevaras a 4º, ya sería toda la carrera con el programa y sería más fácil preguntar alguna duda en otras asignaturas, tener proximidad con el programa, con los profesores. |

| | |
|----|--|
| E5 | Pues no lo sé, por qué las clases son muy completas, yo lo he disfrutado mucho y aprendido mucho. En cuanto a otras asignaturas quizá ayudar a comprender un poco instalaciones relacionadas con BIM. Pero, en general, no creo que haya algo mejor, creo que ha estado bastante bien. |
|----|--|

3.3 ANÁLISIS PERFIL DOCENTE

El objetivo de este apartado es analizar, desde el punto de vista del profesorado, los procesos llevados a cabo a la hora de integrar BIM en distintas áreas, los resultados y las consecuentes dificultades encontradas. Para ello, y de igual forma que en el caso del estudiante, se ha realizado una aproximación mixta, mediante un instrumento cuantitativo basado en encuestas validada por expertos en diseño centrado en el usuario (mediante un método Delphi): una previa al comienzo de la implantación BIM, otra durante el periodo de 3 años consecutivos analizados y otra final en 2021; y una aproximación cualitativa final para completar el estudio y ahondar en el análisis de dificultades y necesidades del profesorado: entrevista semi estructurada cualitativa. Por último, se detallan los resultados obtenidos.

3.3.1 Encuesta previa

En el año 2018, previo a comenzar formaciones a profesorado, se realizó una encuesta para entender en qué situación se encuentra el profesorado en cuanto a conocimiento BIM y obtener su opinión sobre la integración en sus áreas de conocimiento. La encuesta, en un primer momento no estaba orientada tanto a investigación si no a conocer la situación antes de iniciar la implementación, sin embargo, se detallan los resultados porque arrojan información interesante al marco de la investigación. La encuesta se compone de 6 preguntas (Tabla 24), y se realizó mediante formulario en línea (duración aproximada de 10 minutos).

Tabla 24. Preguntas encuesta inicial. Fuente: elaboración propia

| Pregunta | Tipo |
|---|--------------------|
| P1. ¿Has realizado alguna formación en BIM? | Sí/No |
| P2. ¿Has desarrollado, en tu práctica profesional, proyectos ejecutivos en BIM? | Sí/No |
| P3. En caso afirmativo, ¿cuántos? | Respuesta libre |
| P4. En caso afirmativo, ¿cuál es la superficie de los proyectos? | Selección múltiple |
| P5. ¿Qué programa utilizas a nivel profesional? | Selección múltiple |
| P6. ¿En qué ámbito utilizas BIM? | Selección múltiple |

Respondieron a la encuesta 45 profesores, todos ellos impartiendo clase en los grados de GAE/GEA de la ETSALS en el momento de la realización de la encuesta. Los resultados que arroja la encuesta son heterogéneos como veremos a continuación, pero útiles para comprender la situación del profesorado en aquel momento.

De los 45 encuestados, 23 de ellos no habían recibido formación BIM y 22 sí. Pese a que 22 de ellos han recibido algún tipo de formación BIM, sólo 12 de ellos han desarrollado proyectos ejecutivos en BIM. Las personas que responden a la anterior pregunta de forma afirmativa, se les pregunta ¿Cuántos? Y ¿Cuál es la superficie de los proyectos? De las 12 respuestas, el promedio obtenido es de 5,08 proyectos y el 62% afirma que la superficie de los proyectos es mayor a 5.000 metros cuadrados.

Posteriormente se pregunta por el software utilizado a nivel profesional, 25 de los encuestados responden no utilizar BIM, 20 utilizan alguno de los softwares BIM: 17 responden Revit®, 2 Allplan y 1 Navisworks®. Sin embargo, en la segunda pregunta sólo 12 responden que han realizado algún proyecto ejecutivo en BIM. Por lo que se deduce que han utilizado estos softwares en otras fases de proyecto.

Por último, se pregunta en qué ámbito utilizaban BIM. Las respuestas posibles fueron: Ninguno, instalaciones, estructuras, arquitectura, mediciones, planificación, otros. Tal y como se observa en la Figura 65. 24 personas respondieron no utilizar BIM. 16 respondieron arquitectura, siendo la gráfica más destacada. 4 respondieron instalaciones, 5 estructuras, 5 mediciones, 3 planificación y 3 otros.

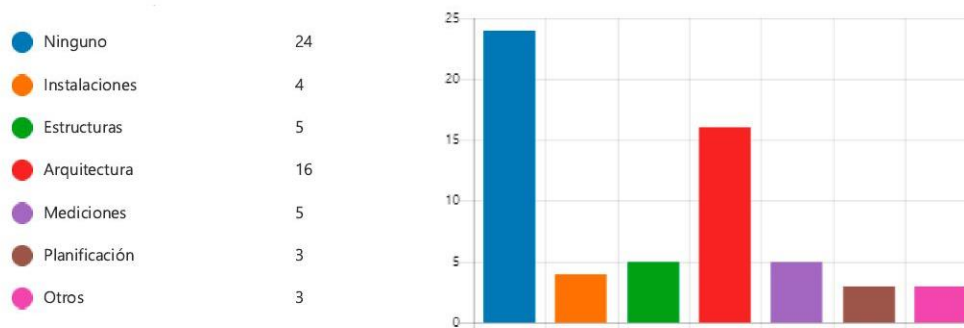


Figura 65. ¿En qué ámbito utilizas BIM? Fuente: elaboración propia

3.3.2 Encuesta 2018-2019

Durante 2018-2019, se pasan encuestas al profesorado, tanto los que se han formado con los cursos propuestos como los que no. Se obtienen respuestas de 19 profesores de la escuela y 2 externos. Aunque la muestra no se puede considerar significativa, en el presente apartado se trasladan los resultados por el interés que arrojan. En este caso no se hace discriminación por cursos lectivos debido a que el objetivo es conocer la sensación del profesorado en su conjunto. El formato de las encuestas es el mismo que el mencionado en el apartado de estudiantes, pero con algunos matices que adaptan las preguntas al perfil de usuario encuestado, Figura 66; Está dividida en los mismo 4 apartados, pero con preguntas diferentes enfocadas a la percepción por parte del profesor: Matriz de software, Formación, Metodología y Profesión.



Figura 67. Nivel de conocimiento profesorado. Fuente: elaboración propia

Respondiendo con la máxima puntuación (valoración de 5), el 52,4% de los encuestados afirma conocer la diferencia entre sistemas CAD y BIM, un 33,3% opina que utilizando BIM puede tener un mayor control sobre el proyecto, el 52,4% opina que la visualización 3D de los modelos BIM es importante para la comprensión del proyecto arquitectónico y un 42,9% afirma que la RA y RV ayudan a la comprensión espacial de los proyectos.

Cuando se les pregunta si desean saber más sobre metodologías CAD o BIM, destaca el interés por BIM, con un 71,4% puntuado con 5 y un 23,8% puntuado con 4, frente a un 42,9% puntuado con 5 en sistemas CAD y un 23,8% con un 4. Sin embargo, al hacerles valorar la cantidad de información que contiene un modelo BIM para su posterior utilidad, la respuesta es dispar, un 38,1% se abstiene y un 19% la considera excesiva, seguido de un 33,3%, tal y como muestra la Figura 68.

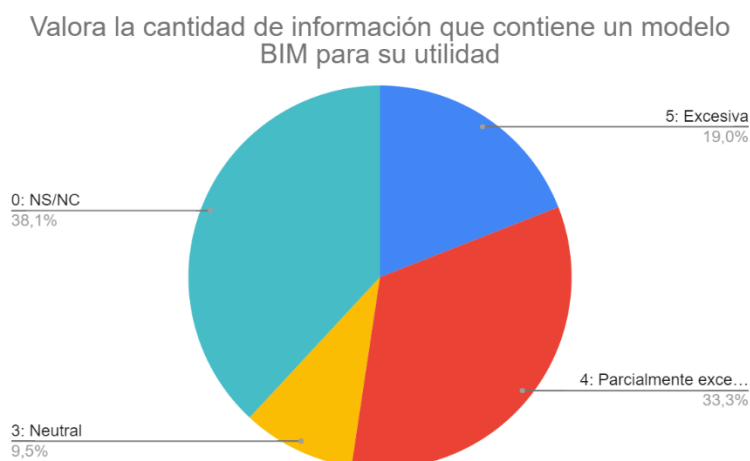


Figura 68. Valora la cantidad de información que contiene un modelo BIM. Fuente: elaboración propia

Un 76,2% consideran que la formación CAD en el grado es necesaria, siendo la aplicación con una mayor puntuación, seguida de la formación en BIM con el 71,4% de consideración a máximos. Sin embargo, al hablar de ambos sistemas relacionados con sus asignaturas, los porcentajes se reducen significativamente, por lo que se deduce que consideran importante la formación en asignaturas de representación gráfica, tal y como se describe a continuación.

Un 33,3% afirma que los sistemas CAD le ayudan a explicar su asignatura en el grado, frente a un 23,8 que está en desacuerdo. La misma pregunta enfocada a BIM es algo más dispar y se acerca más a las puntuaciones bajas, valorando afirmativamente un 14,3% y un 23,8% en completamente en desacuerdo, seguido de un 19% parcialmente en desacuerdo. Un 57,2% valora, con una puntuación de 4 o 5 que tener conocimientos BIM ayude al alumno a comprender la arquitectura, sin embargo, sólo un 14,3% asegura firmemente haberlo aplicado en su asignatura, frente a un 47,6% que dice estar en desacuerdo.

Tal y como muestra la Figura 69, la respuesta es heterogénea en cuanto si creen que debe aplicarse BIM en la asignatura que imparten y, consideran, que el primer curso de proyectos donde debiera aplicarse BIM es en primero o segundo, Figura 70.

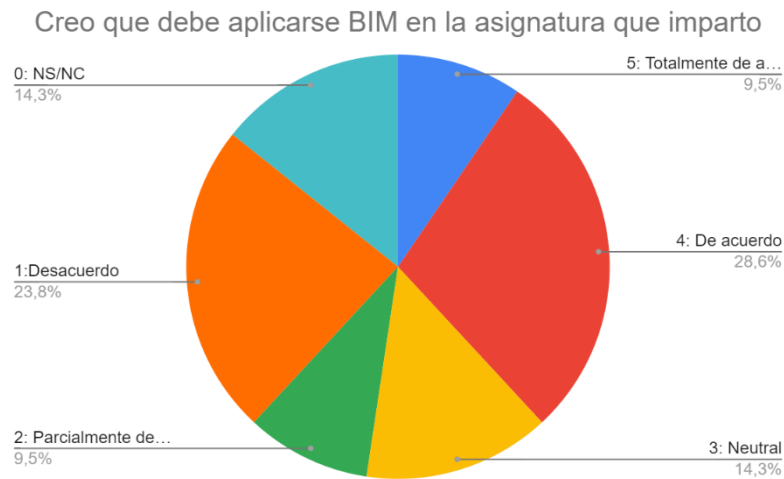


Figura 69. Creo que debe aplicarse BIM en la asignatura que imparto. Fuente: elaboración propia

Primer curso de proyectos donde creo que debería aplicarse BIM

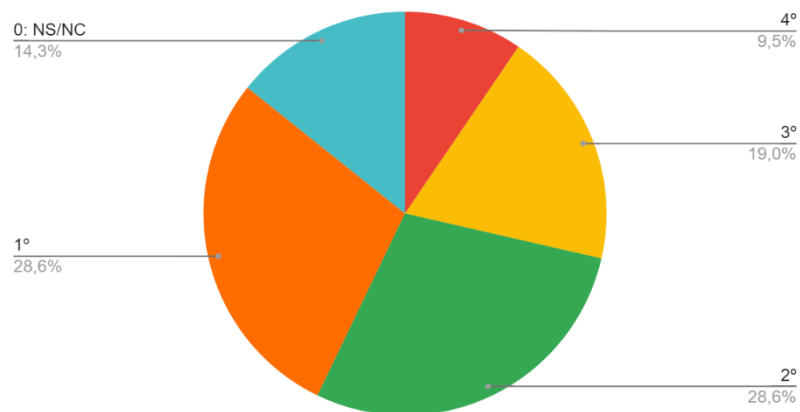


Figura 70. Primer curso de proyectos donde creo que debería aplicarse BIM. Fuente: elaboración propia

Al preguntarles por el grado de implementación que debería existir en las distintas materias en cuanto a BIM, se les plantean las siguientes opciones: proyectos, construcción/taller, estructuras, instalaciones/sostenibilidad, urbanismo, mediciones/planificación/presupuestos, gestión de proyectos/obra y rehabilitación. Todas están valoradas de forma muy positiva, destacando entre ellas construcción/taller con un 47,6% de máxima puntuación, seguida de un 33,3% de acuerdo, y mediciones/planificación/presupuestos, con un 47,6% de máxima puntuación y un 38,1% de acuerdo. Las materias menos valoradas son las relacionadas con rehabilitación.

En cuanto al ámbito laboral, consideran que, tanto CAD como BIM, son útiles para su profesión, el 85,7% está totalmente de acuerdo con la afirmación en cuanto a CAD y el 80,9% se divide entre totalmente de acuerdo y de acuerdo en cuanto a BIM. Por ello podemos afirmar que, aunque los porcentajes son altos, el caso de CAD lo consideran significativamente más evidente. El 90,5 ha utilizado CAD en su vida profesional, mientras sólo un 19% ha utilizado BIM. En cuanto a sus conocimientos CAD, el 81% afirma que son suficientes para realizar un proyecto ejecutivo, mientras que la respuesta a la misma pregunta con metodología BIM vuelve a ser dispar. Como dato destacable, un 33,3% que afirma no tener los conocimientos suficientes. Por otra parte, un 38,1 considera que la metodología BIM mejora los resultados del proyecto en fases de diseño y un 76,1% lo considera en otras fases de proyecto.

3.3.3 Encuesta final

Tras 3 cursos académicos de implementación BIM se han observado dificultades para incluir BIM en otras asignaturas y un porcentaje bajo de alumnos aplica BIM en otras áreas, como se ha visto en el apartado 3.2. Por esa razón, se diseña e implementa esta tercera encuesta en 2021, Figura 71, donde se indaga de forma específica en la percepción del profesorado sobre las dificultades que ha tenido si ha intentado implementar BIM y además se les pregunta en caso contrario, en qué podría ayudarles la integración BIM en sus asignaturas.

| Datos Estadísticos | | | | | |
|---|--------------------|--|--|--|--|
| Nombre | | | | | |
| Titulación en la que imparto clase: | | | | | |
| Asignatura en la que imparto clase: | | | | | |
| Curso académico en el que imparto clase: | | | | | |
| SOFTWARE | | | | | |
| ¿Qué software utilizas/utilizan tus alumnos habitualmente en tu asignatura? | AUTOCAD | | | | |
| | REVIT | | | | |
| | CYPE | | | | |
| | TCQ | | | | |
| | INSIGHT | | | | |
| | LUMION | | | | |
| | EXCEL | | | | |
| | AUTOCAD MAP | | | | |
| | OTROS Especificar: | | | | |
| | | | | | |
| Que software utilizas habitualmente a nivel profesional? | AUTOCAD | | | | |
| | REVIT | | | | |
| | CYPE | | | | |
| | TCQ | | | | |
| | INSIGHT | | | | |
| | LUMION | | | | |
| | EXCEL | | | | |
| | AUTOCAD MAP | | | | |
| | OTROS Especificar: | | | | |
| | | | | | |
| FORMACIÓN/IMPLANTACIÓN | | | | | |
| ¿Has asistido a las formaciones BIM que ofrece La Salle? | | | | | |
| No | | | | | |
| Sí | | | | | |
| En caso negativo, ¿por qué razón? | | | | | |
| Falta de tiempo | | | | | |
| Ya estoy formado | | | | | |
| No es necesario para mi asignatura | | | | | |
| Otros | | | | | |
| En caso afirmativo, ¿te ha resultado útil para comprender los procesos BIM? | | | | | |
| Nada Poco Neutro Bastante Mucho | | | | | |
| En caso afirmativo, ¿te ha resultado útil para aplicar BIM en tu asignatura? | | | | | |
| Nada Poco Neutro Bastante Mucho | | | | | |
| ¿Crees que te ayudaría recibir formación BIM más específica, relacionada con tu asignatura? | | | | | |
| Nada Poco Neutro Bastante Mucho | | | | | |
| Que tipo de formación en aplicaciones crees que se debiera impartir y/o potenciar | | | | | |
| Especificar: | | | | | |
| ¿tus superiores te han informado sobre la implantación BIM? | | | | | |
| Nada Poco Neutro Bastante Mucho | | | | | |
| ¿el equipo BIM te ha informado sobre la implantación BIM? | | | | | |
| Nada Poco Neutro Bastante Mucho | | | | | |
| ¿Has mantenido reuniones con el equipo BIM de la escuela? | | | | | |
| No | | | | | |
| Sí | | | | | |
| En caso negativo, ¿por qué razón? | | | | | |
| Especificar: | | | | | |
| que nivel percibes que tienes los alumnos finalistas de la salle en CAD? | | | | | |
| Nada Poco Neutro Bastante Mucho | | | | | |
| que nivel percibes que tienes los alumnos finalistas de la salle en BIM? | | | | | |
| Nada Poco Neutro Bastante Mucho | | | | | |
| En caso afirmativo, ¿te ha resultado útil? | | | | | |
| Nada Poco Neutro Bastante Mucho | | | | | |
| ¿Fomentas el uso de CAD entre tus alumnos? | | | | | |
| Nada Poco Neutro Bastante Mucho | | | | | |
| ¿Fomentas el uso de BIM entre tus alumnos? | | | | | |
| Nada Poco Neutro Bastante Mucho | | | | | |
| INTEGRACIÓN | | | | | |
| ¿Integraste procesos BIM en tu asignatura en los últimos cursos? | | | | | |
| Nada Poco Neutro Bastante Mucho | | | | | |
| En caso negativo, ¿por qué razón? | | | | | |
| No es necesario para mi asignatura | | | | | |
| No tengo suficientes conocimientos | | | | | |
| Necesito soporte de expertos BIM para integrarlo | | | | | |
| En caso afirmativo, ¿cómo realizaste la integración? | | | | | |
| Práctica evaluable | | | | | |
| Ejercicio en clase | | | | | |
| Sesión teórica | | | | | |
| En caso afirmativo, ¿qué software empleaste? | | | | | |
| software autodesk (versión pactada con equipo BIM) | | | | | |
| software autodesk (versión que uso habitualmente) | | | | | |
| software independiente (versión pactada con equipo BIM) | | | | | |
| software independiente (versión que uso habitualmente) | | | | | |
| En caso afirmativo, ¿comentaste el software y versión con el equipo BIM? | | | | | |
| Antes de integrarlo | | | | | |
| Después de integrarlo | | | | | |
| No lo comentamos | | | | | |
| En caso afirmativo, ¿fueron útiles los resultados obtenidos? | | | | | |
| Nada Poco Neutro Bastante Mucho | | | | | |
| ¿prevés integrar BIM en tu asignatura en el curso 21-22? | | | | | |
| No Tal vez Sí | | | | | |
| ¿consideras que el uso de CAD ayuda a la adquisición de competencias de tu asignatura? | | | | | |
| No Tal vez Sí | | | | | |
| ¿consideras que el uso de BIM ayuda a la adquisición de competencias de tu asignatura? | | | | | |
| No Tal vez Sí | | | | | |
| ¿qué crees que podría ayudarte a integrar BIM en tu asignatura? | | | | | |
| El soporte del equipo BIM en mis clases | | | | | |
| Documentación específica facilitada por el equipo BIM | | | | | |
| Formación específica para el profesorado | | | | | |
| Otros Especificar: | | | | | |
| | | | | | |
| ¿sería útil que en el horario de tu asignatura se ofreciera alguna sesión teórica/práctica enfocada a enseñar al alumno BIM aplicado a tu asignatura? | | | | | |
| No Tal vez Sí | | | | | |
| ¿conoces el nivel de conocimientos BIM que adquiere el alumno en el área de expresión gráfica? | | | | | |
| Nada Poco Neutro Bastante Mucho | | | | | |
| ¿te ayudaría conocerlos para poder integrar BIM mejor en tu asignatura? | | | | | |
| No Tal vez Sí | | | | | |
| ¿crees que el alumnado debe recibir más formación BIM en las asignaturas de expresión gráfica para poder aplicarlo en tu asignatura? | | | | | |
| No Tal vez Sí | | | | | |
| ¿crees que las asignaturas de expresión gráfica deberían estar más vinculadas a los procesos que utilizas en la tuya? | | | | | |
| No Tal vez Sí | | | | | |
| ¿crees que te ayudaría que el alumno realizase prácticas relacionadas con tu asignatura dentro del área de expresión gráfica? | | | | | |
| No Tal vez Sí | | | | | |
| ¿Evaluar un ejercicio de forma conjunta entre tu asignatura y el área de expresión gráfica sería útil para la integración BIM en tu asignatura? | | | | | |
| No Tal vez Sí | | | | | |
| ¿conoces las ventajas del trabajo colaborativo BIM? | | | | | |
| No Tal vez Sí | | | | | |
| ¿Sería útil que en tu asignatura el alumno trabajase de forma colaborativa? | | | | | |
| No Tal vez Sí | | | | | |
| Menciona otras acciones que podrían ayudarte a integrar BIM en tu asignatura | | | | | |
| Especificar: | | | | | |
| | | | | | |

Figura 71. Encuesta final profesorado. Fuente: elaboración propia

Como se puede comprobar, la encuesta profundiza en algunas cuestiones a raíz de los resultados obtenidos previamente. En función de cada variable encontramos preguntas de tipo escala Likert (donde se escala de 1: nada; a 5: mucho), otras del tipo selección múltiple, otras Sí/No, y algunas de tipo libre. La encuesta, validada en iteración Delphi por expertos en evaluación de usuario del UserLab de La Salle, se realiza mediante un formulario en línea y la duración aproximada es de 20 minutos.

La muestra final se circunscribe a 16 profesores, los cuales corresponden aproximadamente a un 50% de la plantilla contratada, pero solo un 10% de la plantilla completa de los grados, por lo que los resultados se consideran iniciales y queda identificada la necesidad de futuras iteraciones que refuercen los posibles resultados comunes. Como debilidad de la encuesta, se identifica que cuatro de los 16 encuestados son profesores del ámbito de herramientas informáticas, conocedores de la metodología BIM, y por ello, las respuestas pueden no mostrar la visión global del profesorado al introducirse un potencial sesgo en el resultado global.

En el primer apartado, se indaga por las aplicaciones utilizadas por los alumnos en sus asignaturas. Tal y como mencionan los encuestados, Figura 72, consideran que la gran mayoría de sus alumnos utilizan AutoCAD®, seguido de Revit® y, en tercer lugar, con bastante diferencia, Excel. Se les pregunta también por el software que utilizan ellos mismos a nivel profesional, para así poder observar similitudes y diferencias. Como se observa en la Figura 73, el 75% de los encuestados utiliza AutoCAD®, seguido de un 70% aproximadamente que utiliza Excel y, en porcentajes menores al 40% Cype, Revit® y TCQ.

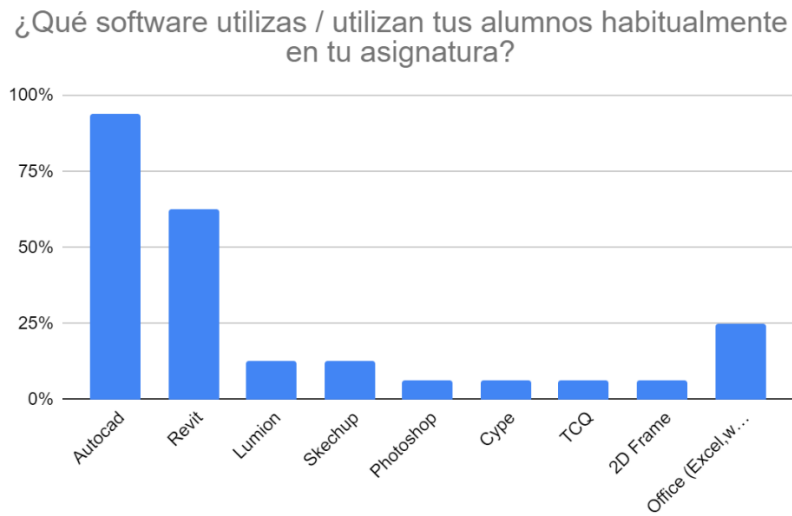


Figura 72. ¿Qué software utilizas/ utilizan tus alumnos habitualmente en tu asignatura? Fuente: elaboración propia

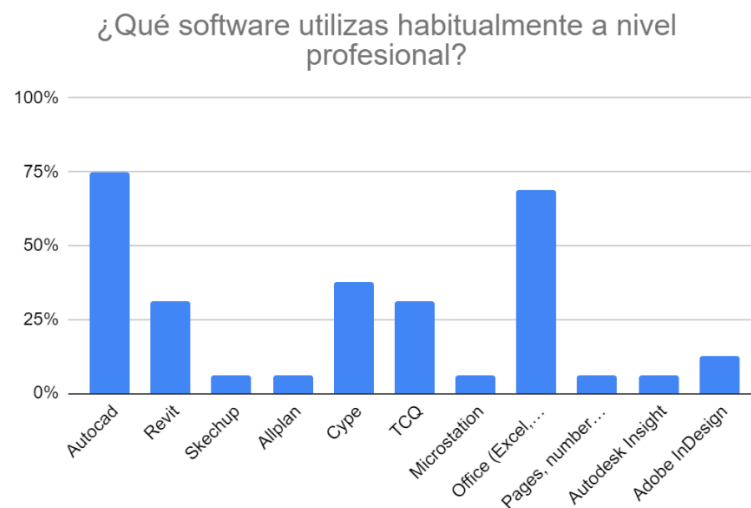


Figura 73. ¿Qué software utilizas habitualmente a nivel profesional? Fuente: elaboración propia

Posteriormente, la encuesta se centra en la formación BIM. De los 16 encuestados, el 56,3% menciona haber asistido a las formaciones BIM que imparte La Salle. A los encuestados que responden negativamente, se les preguntan las razones por las que no han asistido a las formaciones BIM ofrecidas por la escuela. Como se observa en la Figura 74, el 28,6% de ellos considera ya estar formado, junto a un 14,3% que reconoce tener ciertos conocimientos también, lo que suma un 42,9% de profesorado ya formado. Un 42,9% reconoce no haberlo realizado por falta de tiempo y un 14,3% considera no ser necesario para su asignatura.



Figura 74. En caso negativo, ¿por qué razón? Fuente: elaboración propia

En cuanto a si la formación les resultó útil para comprender los procesos BIM, únicamente 9 respondieron a la pregunta. El 55,6% considera que bastante, el 33,3 % mucho y un 11,1% neutro. A la pregunta de si les resultó útil para aplicar procesos BIM en su asignatura, los mismos 9 encuestados responden, sin embargo, hay más disparidad de respuestas: 1 profesor indica que le ha resultado muy útil, 3 bastante, 3 neutro, 1 poco y 1 nada.

También se aprecia disparidad en cuanto a la pregunta de si les ayudaría recibir formación BIM más específica y relacionada con su asignatura. Destacan por igual las respuestas de bastante, neutro y poco, con un 26,7% de respuestas cada una, seguido de un 13,3% que responde que no le ha servido nada y un 6,6% que le ha servido mucho.

Tal y como muestra la Tabla 25, realizan comentarios a qué tipo de formación en aplicaciones creen que se debe impartir y/o potenciar. Se debe tener en cuenta que cuatro de los encuestados (C1, C4, C5 y C6) imparten clase de informática, por lo que conocen BIM.

Tabla 25. ¿Qué tipo de formación en aplicaciones crees que se debiera impartir y/o potenciar? Fuente: elaboración propia

| Respuesta | Comentario |
|-----------|--|
| C1 | Relacionando materias. |
| C2 | Programas de 3D e impresión 3D |
| C3 | Project |
| C4 | Sobre la gestión de datos y la interrelación de diversos programas |
| C5 | No responde |
| C6 | Curso básico y avanzado de Revit® |
| C7 | CAD(AutoCAD®), BIM(Revit®), GIS(Qgis) |

| | |
|-----|---|
| C8 | No responde |
| C9 | Los alumnos deben saber qué pueden hacer los programas, más que saber utilizar los menús. A partir de aquí, el dominio de las herramientas CAD y BIM es necesario para el oficio. |
| C10 | Me parecen bien todas las relacionadas con sistemas BIM, siempre que el alumno tenga un criterio bien formado del objetivo que quiere conseguir al utilizarlas. |
| C11 | Las de modelado 3D y retoque digital, también de edición. |
| C12 | Práctica. Destinada a mejorar la calidad docente. |
| C13 | Aplicaciones que ayuden a proyectar como el uso de las masas o aplicaciones como Formit, que pueden vincularse con Revit® fácilmente. |
| C14 | Adobe® Suite, Sketchup |
| C15 | No responde |
| C16 | Conceptuales, para entender la necesidad del dibujo, en cualquier tipo de representación, en el desarrollo de un proyecto de arquitectura. |

A continuación, se les interroga sobre si les habían informado de los procesos de la implantación BIM en la escuela y en qué medida. La mitad de los encuestados afirma haber sido bastante/muy informados tanto por sus superiores como por el equipo BIM. El otro 50% neutro/poco/nada. El 50% dice haber mantenido reuniones con el equipo BIM y el otro 50% no. La Tabla 26 muestra las razones por las que mencionan no haberlas mantenido.

Tabla 26. En caso negativo, ¿por qué razón? Fuente: elaboración propia

| Respuesta | Comentario |
|-----------|--|
| C1 | Nada |
| C2 | No me han convocado |
| C3 | No responde (ha mantenido reuniones) |
| C4 | No responde (ha mantenido reuniones) |
| C5 | No responde (ha mantenido reuniones) |
| C6 | No responde (ha mantenido reuniones) |
| C7 | La reunión se anuló (si hubo otra, no se convocó a los profesores asociados) |
| C8 | No responde (ha mantenido reuniones) |
| C9 | No responde (ha mantenido reuniones) |
| C10 | No se me ha pedido mantener ninguna reunión |
| C11 | No sabía de ello |
| C12 | Porque desconocía que hubiera un equipo BIM |
| C13 | No responde (ha mantenido reuniones) |
| C14 | En mi asignatura no se ha implantado |
| C15 | No responde (ha mantenido reuniones) |
| C16 | Contacto reciente |

Perciben que el nivel de AutoCAD® de los alumnos al finalizar sus estudios es mayor que el de BIM. El 43,8% dice que el nivel de AutoCAD® es bastante alto y el 50% muy alto. Sin

embargo, en cuanto al nivel de BIM, un 25% dice ser bastante alto, otro 25% bajo y el 50% responde de forma neutra. De la misma forma, fomentan más el uso de AutoCAD® entre sus alumnos que el de BIM, El 50% fomenta bastante o mucho el uso de sistema CAD y el sólo el 31,3% fomenta bastante o mucho el uso de BIM.

En este punto de la encuesta, se les pregunta sobre la integración BIM en sus asignaturas. El 56,3% afirma no haber integrado procesos BIM en su asignatura, el 18,8% indica haberlo integrado poco, el 12,5% responde de forma neutra y el 12,5% afirma haberlos integrado mucho. A los profesores que responden de forma negativa o baja, se les preguntan las razones y se obtienen 11 respuestas. El 72,7% afirma no ser necesario para su asignatura, el 18,2% necesita el soporte de expertos BIM para integrarlo y el 9,1% afirma no tener suficientes conocimientos. Cinco personas mencionan haber integrado BIM en sus materias y afirman haberlo hecho mediante una práctica evaluable o ejercicio en clase, solo una de ellas como sesión teórica. El 75% de las respuestas, que corresponde únicamente a 3 personas, emplearon la versión del software Autodesk® pactada previamente con el equipo BIM. Las 5 personas que realizaron dicha integración dicen haber obtenido resultados bastante o muy útiles.

El 37,5% de los encuestados no prevé integrar BIM en su asignatura durante el curso 2021-22, frente a un 31,3 que sí lo prevé. Es relevante observar que el 75% considera que el uso de CAD ayuda a la adquisición de competencias de su asignatura y el 18,8% considera que no y, al realizar la misma pregunta en el caso de BIM, el 43,8% considera que el uso de BIM ayuda y el 37,5% no.

Uno de los objetivos de la encuesta es obtener respuestas a qué procesos podrían ayudar a los profesores de las distintas asignaturas a integrar BIM en sus asignaturas. Tal y como se muestra en la Figura 75, las respuestas son heterogéneas, entre ellas destaca: El soporte del equipo BIM en mis clases, documentación específica facilitada por el equipo BIM, formación específica para el profesorado.

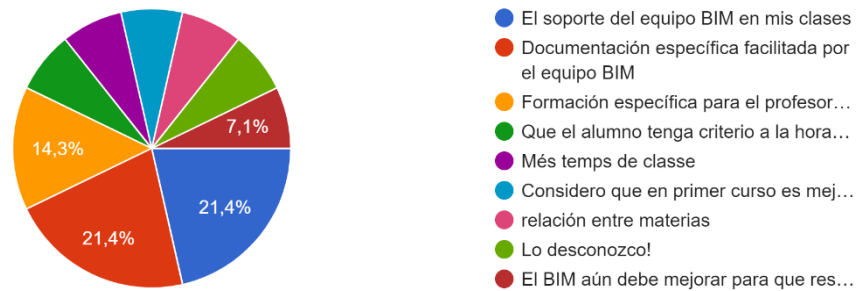


Figura 75. ¿Qué podría ayudarte a integrar BIM en tu asignatura?

Sin embargo, al preguntar si sería útil que en horario de sus asignaturas se ofreciera alguna sesión teórica o práctica enfocada a enseñar BIM al alumno aplicado a sus asignaturas, el 43,8% responde que no, frente a un 25% que responde que sí y un 31,3% que responde que tal vez.

Es necesario, en este punto, saber si el profesorado conoce los conocimientos BIM que adquiere el alumno por parte de las asignaturas dedicadas a ello y si conocerlos les ayudaría a integrar mejor BIM en su asignatura, entre otros datos relevantes. El 56,3% dice conocer poco o nada el nivel de conocimientos del alumno y el 31,2% bastante o mucho. El 53,3% afirma que conocerlos podría ayudarles a integrarlo, el 33,3% tal vez y el 13,3% no. El 25% cree que el alumno sí debe recibir más formación BIM en las asignaturas de expresión gráfica para poder aplicarlo después en las suyas, el 68,8% no lo tiene claro y considera que tal vez. Aun siendo un porcentaje bajo el profesorado que conoce los conocimientos que recibe el alumno por parte de expresión gráfica, destaca el 56,3% que considera que las asignaturas de expresión gráfica deberían estar más vinculadas a los procesos que se utilizan en las suyas, un 62,5% afirma que les ayudaría que el alumno realizara prácticas relacionadas con sus asignaturas dentro del área de expresión gráfica y un 56,3% responde afirmativamente a que evaluar un ejercicio de forma conjunta entre su asignatura y el área de expresión gráfica sería útil para la integración BIM de su asignatura. Por último, el 81,3% dice conocer las ventajas del trabajo colaborativo BIM. El 56,3% menciona que sí sería útil que el alumno trabajase en forma colaborativa en su asignatura.

Finalmente, para comprender mejor la visión del profesorado, tal y como se observa en la Tabla 27, se pide a los encuestados mencionar otras acciones que pudieran ayudarles a integrar BIM en sus asignaturas.

Tabla 27. Menciona otras acciones que podrían ayudarte a integrar BIM en tu asignatura. Fuente: elaboración propia

| Respuesta | Comentario |
|-----------|--|
| C1 | Más reuniones y coordinación entre materias |
| C2 | Los escasos conocimientos de los alumnos en mis asignaturas impiden aplicar BIM en los mismos |
| C3 | No responde |
| C4 | No responde |
| C5 | No responde |
| C6 | Más horas de clase |
| C7 | Mejora del software o desarrollo de plug-ins propios |
| C8 | No responde |
| C9 | Si la asignatura no dispone de más horas de clase no parece posible integrar BIM. En el nuevo plan de estudios sí que se piensa integrar BIM ya que a partir de 4º hay asignaturas de desarrollo práctico de los conocimientos. En el plan actual se supone que eso se hace en Talleres, que son los que pueden aplicar BIM. |
| C10 | Que los alumnos tengan un criterio gráfico propio en el que puedan expresar sus ideas, actualmente no la herramienta les supera y presentan los proyectos como una especie de amalgama de elementos de biblioteca BIM. |
| C11 | Dar ejemplos de sus ventajas. |
| C12 | Tener alguien de apoyo. |
| C13 | No responde |
| C14 | Creo que Análisis Arquitectónico de primer curso no es una asignatura adecuada para el uso de BIM. Tratamos de reforzar aspectos básicos necesarios antes de utilizar este software en próximos cursos. |
| C15 | Los alumnos deberían utilizar BIM como metodología, no como herramienta de modelado. Necesitan más conocimientos constructivos para utilizar bien el BIM y disponer de una implantación en la escuela para no “perder” el tiempo en las asignaturas técnicas en el desarrollo de familias y presentaciones de proyectos. |
| C16 | No responde |

3.3.4 Entrevistas

Al igual que en el anterior grupo de estudio, el análisis cualitativo se realiza mediante entrevistas semiestructuradas a 5 docentes de grados de ETSALS durante el curso 2021. El perfil de estudio es profesorado de proyectos, construcción o mediciones, donde BIM puede

estar presente en los procesos de la asignatura. La entrevista se realiza de forma presencial y el tiempo promedio de las entrevistas es de entre 10 a 15 minutos.

El objetivo de la entrevista es obtener respuestas sobre las dificultades de integrar BIM en las asignaturas de distintas áreas de conocimiento (L.A.2) y su percepción global en cuanto a la implementación en el plan de estudios. Las tablas 28 y 29 muestran los criterios de las entrevistas y las preguntas planteadas.

Tabla 28. Criterios de entrevista a perfil docente

| Criterio de la entrevista | Descripción |
|---------------------------|---|
| Perfil de usuario | Docente de ETSALS en grados GEA y/o GAE. Materias en las que imparten clase: Construcción, Proyectos, Mediciones. |
| Objetivo de la entrevista | Analizar los problemas encontrados al aplicar BIM en sus asignaturas. |
| Método | Entrevista |
| Tiempo aproximado | 10-15 minutos |

Tabla 29. Preguntas de entrevista a perfil docente

| Preguntas |
|---|
| PD1. ¿Crees que el alumno sale capacitado, en cuanto a BIM, de sus estudios de grado para enfrentarse al mundo laboral? |
| PD2. ¿Crees que es necesario integrar BIM durante los estudios de grado? ¿en qué curso? ¿en qué asignaturas? ¿cómo? ¿por qué? |
| PD3. ¿Consideras necesario que existan asignaturas dedicadas exclusivamente a impartir BIM? ¿en qué cursos? ¿por qué? |
| PD4. ¿Tiene sentido aplicar BIM en los ejercicios o entregas de proyectos, taller, urbanismo, instalaciones, mediciones... etc? ¿por qué? |
| PD5. ¿Crees que las asignaturas están interesadas en integrar BIM? ¿por qué? |
| PD6. ¿Crees que el profesorado de distintas asignaturas tiene suficientes conocimientos? |
| PD7. ¿Sabes qué es el trabajo colaborativo? |
| PD8. ¿Tendría sentido aplicarlo en distintas asignaturas de grado? ¿en qué asignaturas? ¿por qué? |
| PD9. Para realizar dicha implementación, ¿el profesorado de distintas asignaturas debe tener conocimientos BIM? |
| PD10. ¿Crees que las universidades tienen las mismas dificultades que las empresas para implantar BIM? ¿Por qué? |
| PD11. ¿Cuáles crees que son las dificultades para integrar BIM en el plan de estudios? |
| PD12. ¿Consideras necesario modificar los planes de estudio para integrar BIM de forma transversal? ¿por qué? |
| PD13. ¿Qué harías para mejorar la integración BIM en las distintas asignaturas? |

Tabla 30. Respuesta a la entrevista a docente PD1. ¿Crees que el alumno sale capacitado, en cuanto a BIM, de sus estudios de grado para enfrentarse al mundo laboral?

| Docente | Comentarios |
|---------|-------------|
| | |

| | |
|----|--|
| D1 | No lo sé porque no sé el nivel de BIM que se da en la escuela. Sospecho que les faltaría pero que tienen la herramienta base. |
| D2 | No tengo ni idea, pero tengo la sensación de que no lo usan mucho. El 50% al menos no lo usa, y el otro 50% lo usa, pero no tienen mucho conocimiento. Excepto algún caso puntual. |
| D3 | Me da la impresión que salen con un conocimiento básico. Pero que necesitarían complementar formación para poder utilizarlo con un buen dominio. |
| D4 | No del todo. Por mi experiencia, los que han podido venir al despacho han complementado con algún curso más de refuerzo o un máster. |
| D5 | Seguramente sí, en relación con otras escuelas. Yo me imagino que el conocimiento es básico y hay que ampliarlo en las direcciones en las cuales vayas a intensificar tu carrera. No salen expertos, pero saldrán con la base que tendrán que desarrollar. |

Tabla 31. Respuesta a la entrevista a docente PD2. ¿Crees que es necesario integrar BIM durante los estudios de grado? ¿en qué curso? ¿en qué asignaturas? ¿cómo? ¿por qué?

| Docente | Comentarios |
|---------|---|
| D1 | Yo creo que sí, completamente. Porque es una herramienta muy potente porque les servirá muchísimo en el futuro, cuando se desarrolle la herramienta con más capacidad de representación. Yo creo que, desde el principio, igual que aprenden a dibujar a mano pueden aprender a dibujar en BIM. |
| D2 | Sí. En qué cursos es muy difícil, no lo sé. Yo creo que en primer año darles alguna noción de que existe, pero nada más porque tienen ya bastante, no vienen preparados y hay que enseñarles muchas cosas. Yo creo que sí, que se les ha de ir dando como damos otras asignaturas, deben ir aprendiendo herramientas. En 2º empezar, pero no lo sé, no tengo capacidad para responder a eso. |
| D3 | Lo van a necesitar y cada vez más se está pidiendo BIM para prácticamente todo, así que sí. Hay 2 maneras de verlo, asignaturas propiamente de la herramienta, de dominarlas, y la otra es fusionarla o combinarla con asignaturas de proyectos que es donde veo que realmente se pueden expresar a través de esta herramienta, utilizarla para representar. |
| D4 | Yo creo que el BIM es una herramienta. Para formarte a proyectar y ejercer de arquitecto no es tan importante porque el BIM cambiará y uno tendrá que reciclarse. Lo que está bien es saber de qué va y antes de salir a la vida profesional completar con alguna asignatura de herramientas, como una ayuda extra. Creo que han de exigirlo desde asignaturas de herramientas, pero no en proyectos, para no estar dominado por una sola herramienta a la hora de proyectar y además porque las herramientas van a cambiar, que aprendan a proyectar con sus manos y no dependa su formación de esa herramienta. Se debe dar formación que sirva para muchas herramientas. |
| D5 | Lo veo complicado, porque hay un tema fundamental, una cosa es una herramienta y otra es conocimiento. En la universidad cada vez tenemos menos conocimiento y se nos exige que demos más herramientas. Y yo en este caso, soy de la resistencia, de transmitir conocimiento más que herramientas, las herramientas en cualquier momento las puedes hacer tuyas. Por lo tanto, pero es menos necesario integrarlo que el conocimiento, hay un tema de equilibrio. Evidentemente seguro que es un sistema que es bueno darlo en base, lo que no sé es si dando solo una base da respuesta a las asignaturas o no. |

Tabla 32. Respuesta a la entrevista a docente PD3. ¿Consideras necesario que existan asignaturas dedicadas exclusivamente a impartir BIM? ¿en qué cursos? ¿por qué?

| Docente | Comentarios |
|---------|---|
| D1 | Sí, desde el principio. Porque la herramienta es muy potente y tienen que aprender primero a manejarla bien, conocer sus posibilidades. Además, que arquitectos habrá de muchos tipos y una salida profesional ya es la de BIM. |
| D2 | Sí. Porque aprender BIM solo y con prueba-error es muy difícil. Yo tardé 4 años en aprender con de esta forma. En 2º se puede empezar a dar y en 3º se tiene que dar más a fondo. Durante 2 cursos, en 2º básico y luego bastante al fondo de forma optativa para que el que quiera especializarse más se apunte a la asignatura. Cuanto más aprendan mejor pero no es necesario dominarlo todo. |
| D3 | Diría que sí, pero hay que evaluar el porcentaje que se dedica a cada cosa, no se decir si es necesario añadir más en cursos superiores, pero si hiciera falta se podría hacer como una optativa que pudiera ser transversal, para el que quiera reforzar más esa parte. |
| D4 | Sí, en el último o en el máster. Porque una vez sabes proyectar, la herramienta con la cual vas a desarrollar tu proyecto se puede actualizar. Primero asienta bien el conocimiento en proyectar (primero la cabeza) y luego la herramienta para desarrollar con ella. A mí me gustaba que me ensañaban a proyectar independientemente del medio en el cual lo representaba. Que sea una preparación profesional de cómo manejar la herramienta con lo que tú ya sabes (cuanto mide un ladrillo, etc.) el día de mañana cuando cambie haces un curso otra vez, formación de profesionales como cursos de actualización. |
| D5 | Yo creo que no. Desde el punto de vista de mi rama, creo que podría pertenecer a un mundo de especialidad. Porque si se mete en todo sacará horas de otras cosas. En cuanto a asignaturas de herramientas que impartan BIM, ningún problema. |

Tabla 33. Respuesta a la entrevista a docente PD4. ¿Tiene sentido aplicar BIM en los ejercicios o entregas de proyectos, taller, urbanismo, instalaciones, mediciones... etc? ¿por qué?

| Docente | Comentarios |
|---------|--|
| D1 | Tiene sentido, pero en nuestro caso, por ejemplo, en proyectos, tiene menos sentido porque lo que están representando es un análisis y una idea, entonces las bibliotecas BIM ya llevan asociadas unas imágenes que es difícil que puedan representar la idea que ellos quieren. La intención del alumno es representar rápidamente, entonces se pierde la idea del proyecto, de los análisis, no me llegan alumnos que puedan compaginar las 2 cosas. En el otro sentido también ocurre. Tenemos una alumna que dibuja de maravilla, desde el primer día ha hecho unos dibujos a mano fantásticos, pero llegó un momento que la capacidad de representación que tiene ella no estaba representando la realidad del proyecto. Llegó un momento que le dije, no más acuarela, AutoCAD®, para que pusiera el proyecto son sus medidas, proporciones, que no vendiera una idea. Esto pasa también con los renders, creo que son Incasol y el área metropolitana que están empezando a prohibir los renders en los concursos. El BIM es otra cosa, pero también debe adaptarse. Puede tener sentido en mediciones, construcción, detalles, en muchísimas cosas, pero nosotros lo que les pedimos son análisis y la representación de una idea. En los primeros pasos de un proyecto es muy peligroso que lo desarrollen con BIM, tiene mucha más carga de intención un dibujo hecho a mano. El BIM lleva una cantidad de representación añadida que se puede comer la idea inicial y a veces la idea inicial es algo muy esquemático. |

| | |
|----|--|
| D2 | Sí. Tendría que haber, sobre todo, el taller. Si se aplica en una asignatura tiene que ser esa. Donde el alumno no aprenda solo el tema constructivo, que es importante, sino también hacer mediciones o todo lo que te aporta el BIM. Pero es complicado, no lo tengo claro. |
| D3 | Creo que sí, porque quizá no es la manera de expresión más inmediata, como si lo hiciéramos manual o borrador o croquis, pero es una herramienta para expresar un proyecto, para desarrollar la parte más técnica quizá. |
| D4 | No, es más una herramienta que ellos sepan y si acaso que algún proyecto lo hagan en BIM, no estaría mal en 5° o en 4°. Que hagan uno de los proyectos desarrollado en BIM para que sepan cómo funciona la herramienta. Pero no obligarlo, porque si no estás condicionando tu manera de proyectar por la herramienta. |
| D5 | En nuestro caso es reconstruir edificios de la historia, hay gente que empieza a partir de BIM y vemos que realmente les es un impedimento para llegar a conocer bien el edificio, a nivel donde estamos nosotros, 4° y 5°. Porque en seguida lo explotan y creen que lo tienen y se han saltado una serie de pasos de diseccionar. Con BIM los alumnos tienen la sensación de que han llegado al resultado y después les cuesta volver atrás, ese es el problema. Con BIM la repuesta no es buena, porque el edificio no está resuelto, se lo saltan y van a lo genérico. |

Tabla 34. Respuesta a la entrevista a docente PD5. ¿Crees que las asignaturas están interesadas en integrar BIM? ¿por qué?

| Docente | Comentarios |
|---------|---|
| D1 | Sí, no veo por qué no. Es cierto que los de proyectos siempre somos más reacios, pero yo no lo sería. Mientras lo representen bien me parece fantástico que lo apliquen. |
| D2 | Las demás asignaturas no tengo ni idea, pero me da la sensación de que a todo el mundo le cuesta cambiar y creo que es por inercia de desconocimiento. En la nuestra en concreto pasa exactamente lo mismo, los profesores no usan BIM, pero yo sí, por lo tanto, me parece bien. Aunque en nuestra asignatura sería difícil, a los alumnos les damos demasiada información... más de la que pueden absorber. Hemos visto que cuando trabajan en 3D les cuesta más. |
| D3 | Eso ya no lo tengo tan claro (irónico). Por una sencilla razón, hay un tiempo que es para cada asignatura y, en general, las asignaturas, ya están con el tiempo muy asignado. Si además hay que introducir dentro de ese mismo tiempo información BIM, no sé si es lo que mejor va a las asignaturas. Otra cosa es que sea algo complementario, paralelo que vaya reforzando a la asignatura. |
| D4 | No lo sé, yo en la mía que es en primer curso pienso que no. No lo sé respecto a los talleres, no estaría mal que alguno desarrollara BIM. En talleres de construcción estaría muy bien en 4° o 5°, que fueran talleres de construcción con BIM y trabajar con la herramienta BIM que incluye, no solo el conocimiento de la sección constructiva y el detalle, sino también cómo ayuda a presupuestar, a medir... |
| D5 | Ni idea, no lo sé. En nuestra asignatura no tenemos ningún formato, la manera de trabajar siempre es libre. Por eso yo no tengo ningún impedimento, pero lo que sí exijo es que haya un proceso de conocimiento detrás independientemente de la herramienta, puede ser maqueta, dibujos a mano, AutoCAD®, Photoshop, InDesign... que cada uno se lo haga suyo. No tengo ningún impedimento, al contrario, lo que pasa es que veo que la herramienta les es muy pesada para llegar a desarrollar al nivel que queremos nosotros otras cosas. |

Tabla 35. Respuesta a la entrevista a docente PD6. ¿Crees que el profesorado de distintas asignaturas tiene suficientes conocimientos?

| Docente | Comentarios |
|---------|---|
| D1 | Si tienen suficientes conocimientos no lo sé. |
| D2 | No lo sé, pero si tengo que dar una percepción diría que no, en absoluto. |

| | |
|----|---|
| D3 | No. |
| D4 | Yo creo que no. Alguno sabe BIM, pero no creo que sea la mayoría. |
| D5 | No tengo ni idea. |

Tabla 36. Respuesta a la entrevista a docente PD7. ¿Sabes qué es el trabajo colaborativo?

| Docente | Comentarios |
|---------|---|
| D1 | No lo sé. Sé que es la inteligencia de grupo, por ejemplo, o como hacemos en el despacho, atacar varias personas a la vez un problema para obtener un mejor resultado que individualmente y que se coordinen entre ellos. |
| D2 | Sí, en cuanto a BIM me imagino que es el trabajo en red que vas trabajando en el mismo proyecto que otros y que se va actualizando automáticamente. |
| D3 | No. |
| D4 | No. |
| D5 | No. |

Tabla 37. Respuesta a la entrevista a docente PD8. ¿Tendría sentido aplicarlo en distintas asignaturas de grado? ¿en qué asignaturas? ¿por qué?

| Docente | Comentarios |
|---------|--|
| D1 | No lo sé porque no lo he utilizado. |
| D2 | Sí. Lo que pasa es que está enfocado a trabajo de grandes despachos. Más del 50% de los despachos de aquí son pequeños, por lo tanto, se pierde el 50%. Enseñarles a usarlo podría estar dentro de esta zona de especialización. En cuanto a aplicarlo en otras asignaturas sí. Por ejemplo, nosotros en 2º estamos trabajando de forma colaborativa en los ejercicios: unos hacen una cosa, otros otra y entregan el conjunto, y lo hacemos para que vean que colaborar es algo de mucha importancia en su trabajo |
| D3 | Como concepto general, el trabajo colaborativo, es interesante incorporarlo en asignaturas de grado. En construcción lo hacemos de forma física, no virtual, pero si la herramienta lo permite y la dominan lo encuentro interesante. |
| D4 | No lo sé, no lo he utilizado. |
| D5 | No lo sé, no lo he utilizado. |

Tabla 38. Respuesta a la entrevista a docente PD9. Para realizar dicha implementación, ¿el profesorado de distintas asignaturas debe tener conocimientos BIM?

| Docente | Comentarios |
|---------|--|
| D1 | Sí. Porque si no, no pueden saber orientar al alumno, su nivel de representación podría ser otro, por ejemplo. |
| D2 | Yo creo que sí. Aunque, yo no sé AutoCAD® y me entregan ejercicios en AutoCAD®, y no he tenido nunca ningún problema. Igual tampoco es tan necesario que tengan grandes conocimientos de BIM, menos los que dieran esta parte, claro, por lo demás yo creo que no hace falta, no. Sí que es verdad que, si conoces el potencial, puedes exigirles unas cosas u otras. |
| D3 | Sí, yo creo que es clave. |
| D4 | Para aplicarlo sí. Si vas a hacer ese taller debes conocerlo, para corregir, por ejemplo. |
| D5 | No necesariamente. Yo creo que no se le puede pedir al profesorado que se especialice en otra cosa porque ya bastante trabajo tiene para estar al día y avanzar en su propio conocimiento. Entiendo que a niveles más de |

| | |
|--|---|
| | construcción, de proyectos... sí. Pero en nuestro caso yo no tengo porqué saber cómo han hecho aquello que les pedimos. prefiero desarrollar mi tiempo en otras cosas, recomendarles un libro concreto, por ejemplo, porque esto no se lo dirá nadie más. |
|--|---|

Tabla 39. Respuesta a la entrevista a docente PD10. ¿Crees que las universidades tienen las mismas dificultades que las empresas para implantar BIM? ¿Por qué?

| Docente | Comentarios |
|---------|---|
| D1 | No veo porqué, la universidad tendría que tener mayor facilidad para implantar BIM o para implantar cualquier cosa. La universidad tiene que ser un campo de exploración y de desarrollo. Cuando una empresa tiene problemas, puede ser por la organización de la empresa, por las capacidades de BIM de integrar diversos aspectos (la arquitectura, la ingeniería, las instalaciones, etc.), por la facilidad de intercambiar con diferentes plataformas BIM, o por no tener suficiente personal para desarrollarlo. Por otro lado, sé que hay empresas en el extranjero que funcionan con BIM perfectamente y que los desarrollos de los proyectos lo hacen con eso y no quieren saber nada más porque la herramienta les da muchas ventajas. |
| D2 | No lo sé, pero sería lo mismo, es cambiar de sistema. Un sistema que cambia tanto tu manera de trabajar. La inercia es la que lo frena todo, más que temas ideológicos o de otro tipo. Supongo que es lo mismo, pero con diferencias. |
| D3 | Pienso que la problemática en las universidades es diferente. Además de el interés en formar en BIM se han de adquirir otras muchas competencias. En la empresa, si existe un interés específico en implantarlo, se invierte el tiempo y dinero que se considere necesario, según el interés. En la Universidad, los tiempos están bastante marcados y condicionados. |
| D4 | No lo sé, no te sé decir. |
| D5 | No lo sé, me imagino que sí por lo que veo en despachos, yo creo que cualquier cambio tecnológico es complicado para todo el mundo. Los cambios tienen que entrar de una forma natural y necesitan su tiempo. Yo con AutoCAD® llegó un momento que pensé que había gente mucho mejor y más rápida, no iba a perder yo tiempo, yo voy a dedicar mi tiempo a dibujar a mano, a pensar, a hacer esquemas. Las herramientas necesitan su tiempo, no es fácil todo cambio tecnológico. Además, digo en clase que, si hay algún cambio social, al que, seguro que vamos, no vendrá de la mano de la tecnología, eso seguro, vendrá de la mano del arte, de los filósofos, pero de la tecnología me niego. |

Tabla 40. Respuesta a la entrevista a docente PD11. ¿Cuáles crees que son las dificultades para integrar BIM en el plan de estudios?

| Docente | Comentarios |
|---------|--|
| D1 | La falta de voluntad. Ocurrió lo mismo con AutoCAD®, había gente reacia. Si existe la voluntad y un buen departamento y se implementa yo creo que es una herramienta que los alumnos deben tener. Creo que la deben tener porque la capacidad de parametrizar lo que estas dibujando me parece que da ventajas impresionantes. |
| D2 | El cambio, la inercia. Debe haber un grupo de gente que sepa hacer esto y un apoyo desde dirección, que presione para llevarlo a cabo porque si no, la inercia lo frena. |
| D3 | La disponibilidad de tiempo dentro del plan y la prioridad que se le quiera otorgar. Un plan de estudios, en definitiva, hace un balance de prioridades y competencias a adquirir. Destina créditos -en definitiva, tiempos- según los contenidos que se consideren necesarios de impartir. |

| | |
|----|--|
| D4 | Que el plan de estudios es demasiado rígido y no permite flexibilidad. Para integrar una asignatura nueva, siempre conviene tener un plan de estudios que no sea rígido: cuanto menos delimitado/descrito o fijado el contenido, más posibilidades de cambio tiene. |
| D5 | Yo creo que es un tema de tiempo del plan de estudios, los planes de estudio han menguado tanto en créditos y en horas dedicadas al aprendizaje, que hay que pensar realmente que es lo que queremos enseñar en arquitectura, más que nada porque el tiempo es el que tenemos. Las horas de clase se han reducido y para mí es una teórica menos que doy, una cosa menos que regalo. El problema de implantar o no implantar es de tiempo y de jerarquía conocimiento (qué es más necesario, qué nos pide la profesión que enseñemos). |

Tabla 41. Respuesta a la entrevista a docente PD12. ¿Consideras necesario modificar los planes de estudio para integrar BIM de forma transversal? ¿por qué?

| Docente | Comentarios |
|---------|---|
| D1 | Supongo que sería necesario porque hay que incluir una serie de horas o de créditos destinados a BIM y quitarlos de otros lugares. Supongo que se debería hacer, pero entonces también se debería repensar todo, porque está claro que muchas asignaturas para el temario que se quiere dar están faltas de horas. Luego también está la especialización. En nuestra escuela todo está orientado a proyectos y a un tipo determinado de proyectos y sería fantástico que se abriera un abanico de posibilidades de lo que podría hacer un arquitecto. Uno sería el BIM. |
| D2 | Sí, no una gran modificación, pero sí que, evidentemente, tiene que haber asignaturas nuevas. Yo creo que en esta escuela ya vamos hacia eso. |
| D3 | Estaría bien poder incorporar asignaturas, que hubiera una asignatura como tal que hilara transversalmente, pero sin cambiar créditos podría ser una opción. Que hubiera una asignatura en la que aprendan sí, pero sin cambiar el plan de estudios. El plan de estudios debería garantizar, eso sí, que el alumno sale sabiendo de que va y sepa dominarlo mínimamente. Luego si se quiere ser experto, podría hacer un curso complementario. |
| D4 | Yo creo que no. Si se convierte en una asignatura de 4º o 5º podría introducirse como una optativa o libre configuración, pero sin cambiar el plan de estudios. En los planes de estudios hay que dejar comodines por ahí sueltos, porque rellenan necesidades puntuales sin cambiar los planes de estudios. Debe ser planes de estudios lo suficientemente ágiles como para que el corazón este bien diseñado y luego los satélites sean flexibles como para modificarlos según se necesite. Asignatura BIM y cuando cambie, se modifica, pero no se cambia el plan de estudios. Dejar comodines muy abiertos. |
| D5 | Me parece que el pan de estudios antiguo tenía mucha más consistencia que el actual. Creo que el actual se puede dar en una escuela de diseño, pero el de arquitectura creo que tiene que ser algo mucho más consistente. Pero que un plan de estudios como el antiguo tiene que tener la suficiente flexibilidad como para introducir nuevas herramientas si es necesario, sí. Debe permitir variaciones para irse actualizando, no ir cambiando los planes de estudio. Si es una herramienta que tiene futuro y tiene que implantarse de forma transversal el plan de estudios tendría que absorberlo. |

Tabla 42. Respuesta a la entrevista a docente PD13. ¿Qué harías para mejorar la integración BIM en las distintas asignaturas?

| Docente | Comentarios |
|---------|--|
| D1 | Que empezaran desde el principio y supongo que tendríamos que tener un tiempo de adaptación entre las personas que imparten BIM y el resto de asignaturas para ver cómo se puede adaptar esta herramienta a cada una de las asignaturas, eso me parece que sería importante porque tengo la sensación de que incluso las personas que conocen BIM conocen sus propias limitaciones, adaptadas a asignaturas esas limitaciones pueden ser graves y eso puede crear un rechazo por parte de los que reciben esos proyectos o ejercicios con BIM y sería fantástico que la escuela enseñara a hacer bibliotecas BIM o tuviera bibliotecas BIM propias. Que hubiera mayor interacción, para tener mayor conocimiento, para conocer ventajas y desventajas de esa herramienta, no un rechazo directo ni abrazar la tecnología por abrazarla. Ahora hay una cierta recesión y es verdad que teniendo muchas posibilidades con la herramienta también se pueden distraer las cosas, una buena idea puede tener una mala representación. Ahora, las posibilidades que tiene a la hora de implementar un proyecto y de construirlo me parecen brutales. |
| D2 | Es un trabajo difícil, no lo sé. No soy experto en pedagogía, pero creo que va un poco por lo que he dicho antes, si las asignaturas añaden otro conocimiento más va a ser muy difícil, no tienen horas. Por lo tanto, yo miraría cómo integramos esto en las asignaturas de una manera natural que no comporte demasiado trabajo. |
| D3 | Una de las maneras sería que alguna de las entregas que hacen en las asignaturas pedirla en BIM. Igual que pedimos esto a mano o esto en AutoCAD®, pues pedimos esto en BIM. Utilizarlo como herramienta que forma parte de la asignatura en sí misma, BIM aplicado a la asignatura. |
| D4 | Primero formar de forma básica (en qué consiste la herramienta) a los profesores que están en talleres en 4º y 5º y a partir de ahí convencer al profesor de que consiga alguno de los ejercicios con BIM. Mas que nada a través del profesor, si el profesor rechaza pensando que no sirve para nada, el alumno no le va a ver el interés, después cuando salga puede ver que le exigen en los despachos. Por lo menos es una manera de entrar a un despacho, saber BIM, por eso en una signatura al final. Una Unit BIM estaría muy bien, también el soporte de los profesores BIM al resto de ellos en sus clases. |
| D5 | Me parece que en la escuela falta una dedicación más artística, visual, conceptual, siempre ha sido un área minoritaria de pocos créditos. Toda la capacidad (que no sé si la tiene) de que el BIM se acercara a un proceso más conceptual, más de abstracción y más plástico, para mí sería mejor. Todo lo que pudiéramos llegar a esta expresión más artística desde esta herramienta puramente técnica podría ayudar a entenderlo más como una disciplina artística. |

3.4 ANÁLISIS PERFIL PROFESIONAL NO DOCENTE

La última fase analítica que hemos realizado en la investigación se ha centrado en obtener las valoraciones de los distintos profesionales involucrados en el proceso constructivo y detectar las necesidades del entorno laboral. El objetivo de este apartado es obtener, desde una visión externa a la universidad, la percepción de distintos perfiles que trabajan habitualmente en metodología BIM sobre su habitual modo de desarrollar su trabajo profesional y su percepción en cuanto a las necesidades de implementación BIM en grados AEC.

Para ello, se realiza un análisis cualitativo mediante la misma tipología de entrevistas semiestructuradas utilizadas en los estudios anteriores con estudiantes y profesores.

3.4.1 Entrevistas

Se realizan entrevistas a 5 profesionales no docentes que usan metodología BIM de forma habitual en su despacho profesional. Cuatro de ellos son los CEO fundadores/propietarios de la empresa y, como ya se ha mencionado, el objetivo de la entrevista es obtener respuestas sobre su percepción en cuanto a la formación BIM en la universidad para la futura integración laboral, según su experiencia con la metodología.

La entrevista se realiza de forma presencial y el tiempo promedio de las entrevistas es de 15-20 minutos. Las tablas 43 y 44 muestran los criterios de las entrevistas y las preguntas planteadas.

Tabla 43. Criterios de entrevista a perfil profesional

| Criterio de la entrevista | Descripción |
|---------------------------|---|
| Perfil de usuario | Profesional no docente familiarizado con el uso de metodología BIM en el ámbito laboral. |
| Objetivo de la entrevista | Averiguar si considera necesaria la implementación BIM en los grados para el posterior mundo profesional. |
| Método | Entrevista |

| | |
|-------------------|---------------|
| Tiempo aproximado | 15-20 minutos |
|-------------------|---------------|

Tabla 44. Preguntas de entrevista a perfil profesional

| Preguntas |
|--|
| PP1. En tu profesión, ¿trabajas con metodología BIM? ¿por qué? |
| PP2. ¿Cómo os formasteis, tú y tu equipo, para trabajar en esta metodología? |
| PP3. Para que un arquitecto o arquitecto técnico se enfrente al mundo laboral ¿crees que es necesario integrar BIM durante los estudios de grado? ¿en qué curso/asignaturas? ¿por qué? |
| PP4. ¿consideras necesario que existan asignaturas dedicadas exclusivamente a impartir BIM? ¿en qué cursos? ¿por qué? |
| PP5. ¿Tiene sentido aplicar BIM en los ejercicios o entregas de proyectos, urbanismo, instalaciones, mediciones... etc.? ¿por qué? |
| PP6. ¿Consideras necesario que el profesorado de distintas asignaturas (proyectos, urbanismo, instalaciones, mediciones... etc.) tenga conocimientos BIM? ¿por qué? |
| PP7. ¿Cuál es tu opinión sobre el trabajo colaborativo? |
| PP8. ¿Tendría sentido aplicarlo en distintas asignaturas de grado? ¿en cuáles? ¿por qué? |
| PP9. ¿Crees que las universidades tienen las mismas dificultades que las empresas para implantar BIM? ¿por qué? |
| PP10. ¿A qué asignaturas o materias crees que afecta una implementación BIM en grados? ¿por qué? |
| PP11. ¿Consideras necesario modificar los planes de estudio para integrar BIM de forma transversal a las distintas materias/asignaturas? ¿por qué? |

Tabla 45. Respuesta a la entrevista a profesional PP1. En tu profesión, ¿trabajas con metodología BIM? ¿por qué?

| Profesional | Comentarios |
|-------------|---|
| R1 | No necesariamente del todo, pero sí que lo intentamos. Intentamos utilizarlo para dirección de obra y ahora lo estamos utilizando desde el inicio. Porque si apuestas, la única manera de descubrir el potencial es probándolo. |
| R2 | Sí, desde 2015. Teníamos predisposición y lo precipitó el requerimiento del cliente. El tipo de cliente que tenemos son promotoras grandes que trabajan a nivel nacional muy profesionalizadas y ellos ya exigen, por una cuestión de control de proyecto, que los proyectos se redacten totalmente en BIM. |
| R3 | Sí. Porque la mayoría de proyectos que hacemos en la empresa se desarrollan con Revit® para sacar mediciones, analizar el edificio y realizar tareas de control, incluso en fase de obra. |
| R4 | Sí, llevamos más de 5 años trabajando con metodología BIM, aplicada a nuestra actividad diaria, en todas las disciplinas que desarrollamos en nuestra empresa: tanto en la redacción de proyectos, como en las direcciones técnicas de obras, así como en las labores de gestión de Project Management. |
| R5 | Sí, llevamos un par de años trabajando con dicha metodología, nos brinda distintas posibilidades entre las que destaco: Información de cada elemento que se dibuja, posibilidad de trabajar de manera grupal o colaborativa, realización de renders en tiempo real con distintos pluggíns. |

Tabla 46. Respuesta a la entrevista a profesional PP2. ¿Cómo os formasteis, tú y tu equipo, para trabajar en esta metodología?

| Profesional | Comentarios |
|-------------|---|
| R1 | Hicimos unos cursos de formación mínima, después nos fue guiando el BIM Manager del despacho y fuimos practicando. A partir de ahí fuimos haciendo nuestra la diferente manera de hacer, con AutoCAD® te ibas |

| | |
|----|--|
| | buscando la vida, con BIM hay que tener mayor nivel y cambiar el chip es complicado. Con AutoCAD® hacer cambios es mucho trabajo, con BIM es más rápido y eso está muy bien. |
| R2 | La clave es aprovechar el primer proyecto, no una formación en abstracto sino una formación aplicada con la necesidad de producir un proyecto. Y nos apoyamos en el equipo de Isidro y sus colaboradores, fue fantástico, fuimos modelando nosotros el proyecto, pero con la supervisión y formación básica vuestra. La clave también fue formación de todo el equipo, aquí no hay dibujantes por un lado y arquitectos por otro, aquí todos proyectamos, todos dibujamos y todos utilizamos la herramienta como proceso proyectual. |
| R3 | Mi formación es académica, hice un Máster en BIM Management porque veía que en un futuro próximo sería clave en nuestro sector. Mi equipo ha hecho algún curso y se ha curtido mientras trabajaba. |
| R4 | La Crisis Financiera Global de 2008, que nos condujo al colapso de la burbuja inmobiliaria en los Estados Unidos en el año 2006, y que provocó aproximadamente en octubre de 2007 la llamada crisis de las hipotecas subprime, fue el detonante de un cambio radical en la forma de entender nuestro trabajo. La profunda crisis provocó un cambio de paradigma en nuestra forma de entender el servicio que debíamos prestar. La apuesta por implantar la metodología BIM nos obligó a cambios muy profundos en el organigrama de nuestra empresa como en la formación del personal. Todo el proceso se inició con la implicación de la dirección de la empresa en la formación BIM. Lo primero, la formación mía propia, como gerente de la empresa, a través del posgrado de BIM MANAGER, impartido por el CAATEEB. Posteriormente con la integración en nuestro equipo de expertos en BIM, como nuestro director de despacho, Gorka Gibert, con amplia experiencia en formación BIM. A través de su perfil tanto de Arquitecto Superior, experto en BIM, así como formador, conseguimos en menos de 2 años disponer de un equipo completo formado en BIM. |
| R5 | Mi equipo se ha formado realizando másteres en BIM, en mi caso he realizado cursos de verano, así como dos cursos en el grado (Herramientas II y III), todos ellos impartidos por La Salle. |

Tabla 47. Respuesta a la entrevista a profesional PP3. Para que un arquitecto o arquitecto técnico se enfrente al mundo laboral ¿crees que es necesario integrar BIM durante los estudios de grado? ¿en qué curso/asignaturas? ¿por qué?

| Profesional | Comentarios |
|-------------|---|
| R1 | Creo que BIM cambia mucho el mundo laboral porque deja de haber delineantes. CAD era muy costoso para dibujar y resolver la onda expansiva de cualquier cambio compensaba tener a un delineante. Ahora es importante que sepa usar la herramienta y también tomar decisiones. Tiene que saber BIM y también de lo otro. Por lo tanto, sí. La gente tiene que salir del grado sabiendo usar BIM, en qué cursos no lo sé porque no es solo saber usarlo si no también tener criterios. |
| R2 | Totalmente. Yo lo introduciría desde el inicio, desde el primer curso porque las herramientas son como la física o la química, que se introducen desde el principio porque son conceptos que cuando después lo vas a necesitar de forma urgente no te vas a poder poner a estudiar la herramienta. Cuanto antes adquieras la dinámica o el flujo de trabajo más cómodo te sentirás. Las herramientas no tienen que ser un objeto en sí mismo si no que son un medio para producir una buena arquitectura. Tienes que dominar la herramienta de forma que no sea ningún obstáculo, sino que sea como cuando dibujas a mano. El problema es lo que dibujas no el cómo. Cuanto antes interiorices mejor, no lo introduciría como curso de emergencia al final del grado. |
| R3 | Creo que no es necesario. Que haya una asignatura específica me parece importantísimo, pero que se incorpore en las asignaturas de manera obligatoria no. Me parecería bien dar al alumno la opción de utilizar un programa u otro. |

| | |
|----|---|
| R4 | Es absolutamente imprescindible. Solo puedo poner nuestro propio ejemplo; cualquier incorporación que nos planteamos realizar para completar nuestros equipos, valoramos de forma importante, los conocimientos de la metodología BIM, y en según qué perfiles se hace requisito indispensable para optar al puesto. Por ello sería de gran importancia poder formar a los futuros técnicos en esta disciplina lo antes posible, como complemento a su formación técnica, y como hilo conductor de todo el plan formativo. Personalmente creo que la mejor opción sería introducir la tecnología BIM como base esencial de la formación de cualquier técnico, desde los primeros pasos en su formación. |
| R5 | Es muy necesario dado que es una metodología que será la referente e indispensable en el sector en un corto plazo de tiempo, desde hace unos años tanto las administraciones públicas como las grandes empresas están trabajando con dicha metodología, por lo que veo vital que se integre en todas las asignaturas técnicas, como construcción, instalaciones, proyectos, urbanismo y taller. |

Tabla 48. Respuesta a la entrevista a profesional PP4. ¿consideras necesario que existan asignaturas dedicadas exclusivamente a impartir BIM? ¿en qué cursos? ¿por qué?

| Profesional | Comentarios |
|-------------|--|
| R1 | Claro que sí, estoy a favor de que tengan asignaturas dedicadas a todo. Sin embargo, no a costa de que no se haga construcción o historia del arte, para eso que aprendan BIM fuera, historia del arte dudo que lo aprendan fuera. |
| R2 | Sí, es una herramienta más de proyecto, igual que lo es AutoCAD® o una acuarela o una maqueta. Revit® es una herramienta más junto con otros programas, es muy potente y no es exenta de la arquitectura artística. Si Mies y Coderch hubieran tenido esta herramienta no dudo que la habrían utilizado, no sé si habrían llegado más lejos pero sí más rápido. No eres menos arquitecto por utilizarla. |
| R3 | Sí, porque es una herramienta que se está imponiendo en el sector, como en su momento pasó con AutoCAD®. Creo que cuanto antes mejor, en cuanto se den clases de diseño de proyectos debería existir en ese curso la asignatura y dar la opción a los alumnos a desarrollar ya sus diseños con el programa que decidan. |
| R4 | Sí. Asignaturas de modelado, mediciones con software BIM (Cype, Presto, TCQ) planificación (SHYNCROPRO), cálculo de estructuras (ROBOT) (directamente implantado en empresas de fabricación de estructuras), y toda la metodología BIM como integración de procedimientos y protocolos BIM en todas las disciplinas de forma transversal. |
| R5 | No soy muy partidario de la exclusividad teniendo en cuenta la parte creativa, libre y artística de la arquitectura, aunque es una metodología ideal para mejorar el resultado de los proyectos, por lo que sería una asignatura imprescindible desde 2º a 5º curso. |

Tabla 49. Respuesta a la entrevista a profesional PP5. ¿Tiene sentido aplicar BIM en los ejercicios o entregas de proyectos, urbanismo, instalaciones, mediciones... etc.? ¿por qué?

| Profesional | Comentarios |
|-------------|--|
| R1 | Sí. Pero no me gustaría que la asignatura de mediciones se basara en usar BIM para realizar mediciones, porque eso es usar la herramienta, mediciones es otra cosa. Depender de un programa y el precio de sus licencias para hacer mediciones es perder libertad. Se debe aprender mediciones y los programas que sean necesarios para medir. |

| | |
|----|--|
| R2 | Sí, sí, totalmente. Es básico. Lo ideal sería que el equipo docente como profesionales que ejercen la arquitectura ya fuera una herramienta que utilizan. Con naturalidad y de forma habitual. En unos años pasará, se utilizará el BIM, los que se hayan quedado atrás... |
| R3 | Sí, siempre que el alumno lo haya decidido. Incluso facilitaría las correcciones. En estas asignaturas no es necesario BIM para aprender, pero si existe la opción para el alumno, quizá los profesores se llevarían una sorpresa, creo que lo escogerían la gran mayoría. |
| R4 | No solo tiene sentido, sino que es imprescindible para asegurar la formación del alumno y su dominio de todas las disciplinas, no solo en el contenido sino en la forma de poder trabajarlo de forma alineada con la realidad de nuestro sector. |
| R5 | Por supuesto que tiene sentido. BIM nos aporta mayor seguridad en el proceso constructivo, evitando interferencias entre sistemas o elementos y consiguiendo mayor rigurosidad. |

Tabla 50. Respuesta a la entrevista a profesional PP6. ¿Consideras necesario que el profesorado de distintas asignaturas (proyectos, urbanismo, instalaciones, mediciones... etc.) tenga conocimientos BIM? ¿por qué?

| Profesional | Comentarios |
|-------------|---|
| R1 | Si. Porque vas a tener dudas de la asignatura y dudas de la herramienta. Creo que si el alumno lo va a usar en el futuro el profesor tiene que saber. El alumno a la hora de medir, por ejemplo, puede tener limitaciones de la herramienta de medición. |
| R2 | Totalmente. A medida que se incorpora a la realidad profesional y la exigen, el profesional tiene que ponerse al día. Del mismo modo que el equipo docente es necesario que sea profesional ejerciente (un arquitecto docente es un arquitecto que ejerce su profesión). Si la profesión exige nuevas técnicas, nuevas tecnologías, es necesario que de forma natural el profesional docente de a conocer las herramientas que utiliza a nivel profesional, una de ellas BIM. |
| R3 | Si su plan en clases incluye BIM, por supuesto. Creo que ahora mismo debería ser obligatorio para el profesorado, como mínimo un conocimiento básico. No para el profesor de historia del arte, pero sí para el de proyectos, por ejemplo. |
| R4 | Es indispensable que los formadores tengan los conocimientos para implantar la metodología BIM. Y sería deseable que sean perfiles que lo apliquen en su actividad profesional. La mejor forma de enseñar es poder explicar tus propias experiencias. |
| R5 | Evidentemente, creo que es necesario en dichas asignaturas. El profesorado debería estar formado para dar tips necesarios y adaptados a las necesidades y conocimientos que necesita cada materia. |

Tabla 51. Respuesta a la entrevista a profesional PP7. ¿Cuál es tu opinión sobre el trabajo colaborativo?

| Profesional | Comentarios |
|-------------|---|
| R1 | Es una revolución. Ya me gustaban las hojas de cálculo de Google docs o pizarras en la nube para estar trasteando varias personas a la vez, pero un proyecto en el que todo el mundo pueda estar metiendo mano es lo mejor. |
| R2 | Es fantástico. Nos permite que pueda haber multitud de personas trabajando el mismo modelo, en distintas áreas de especialidad. Tiene muchas ventajas. Se intenta suplir con referencias externas de AutoCAD®, pero es como la prehistoria. Funciona muchísimo mejor. |
| R3 | Creo que es un avance y parece que es algo de futuro, pero ya estamos en él. Yo ya utilizo archivos colaborativos de todo tipo, no solo en sistemas BIM. |

| | |
|----|---|
| R4 | Recomendable, deseable y con un futuro prometedor. Es la mejor opción para potenciar nuestro trabajo profesional con los conocimientos de innumerables colaboradores que pueden aportar su experiencia y conocimiento. Sin embargo, he de reconocer que puede ser una ardua tarea en una sociedad con las inercias que arrastramos. |
| R5 | Es un proceso fundamental en proyectos con equipos diversos y multidisciplinares. |

Tabla 52. Respuesta a la entrevista a profesional PP8. ¿Tendría sentido aplicarlo en distintas asignaturas de grado? ¿en cuáles? ¿por qué?

| Profesional | Comentarios |
|-------------|--|
| R1 | No. Si no estás en red es complicado, creo que para la universidad es más versátil compartir archivos de otra forma, no el colaborativo como tal. |
| R2 | Creo que la carrera es bastante solitaria. No lo requeriría, aunque la realidad de la profesión sea opuesta. El arquitecto, cada vez más, tiene menos protagonismo como individuo y más como equipo. También los clientes quieren trabajo en equipo y armonía, entre otras cosas. |
| R3 | Sí tendría sentido, podría ayudar a entender el concepto y desarrollar proyectos en diferentes fases por distintos alumnos, pero no lo veo determinante. |
| R4 | Sería indispensable para cambiar los lastres e inercias con las que socialmente crecemos y nos desarrollamos. Educar a las nuevas generaciones en la idea de que colaborar “siempre sale a cuenta a largo plazo” es una asignatura pendiente, no solo en las facultades, sino en la sociedad en general. |
| R5 | Tiene sentido en proyectos o trabajos en grupo. En la vida profesional, cada vez más, es necesario el trabajo en equipo, sin necesidad de estar en el mismo centro de trabajo. |

Tabla 53. Respuesta a la entrevista a profesional PP9. ¿Crees que las universidades tienen las mismas dificultades que las empresas para implantar BIM? ¿por qué?

| Profesional | Comentarios |
|-------------|--|
| R1 | Partiendo de que en todos lados hay una resistencia al cambio, la universidad no tiene tanta tendencia a la eficiencia porque es una entidad que si las cosas ya funcionan no quieren cambiarlas. En cambio, una empresa está más acostumbrada a fluir y a los cambios, intentas estar arriba de la ola o la ola te pasa y ya has dejado de ser competitivo (con BIM ya estamos arriba de la ola, lo que pasa que la otra mitad aún no se ha enterado). La empresa tiene más propensión a asumir el riesgo, en la universidad es más complicado que apuesten, están más atadas y por eso tienen alguna dificultad más. En una empresa hay un jefe y decide, en la universidad hay que cambiar un plan de estudios, convencer a más gente, no depende de uno. |
| R2 | Sí, las universidades deberían encontrar las mismas dificultades que el mundo laboral por la vinculación que hay entre docentes y arquitectos profesionales, que son los mismos. Como los docentes son profesionales y son los mismos profesionales que por el motivo que sea no están aplicando BIM, por derivada, los mismos docentes no ven esa necesidad en las universidades, lo cual es una pena. Sin embargo, en empresa si el cliente te obliga es distinto. En las empresas se ha requerido por obligación contractual por eso en empresas se requiere más que en universidades. |
| R3 | Desconozco si las universidades tienen problemas al implantar BIM. Las empresas que quieren implantar lo hacen, sin problemas. Las empresas que encuentran obstáculos al incorporar sistemas BIM es porque realmente no quieren hacerlo. |
| R4 | Debería ser mucho más fácil poder cambiar una metodología en una universidad que en una empresa privada. Sin embargo, puedo entender, y mi experiencia así me lo corrobora, cuando las decisiones de cambio deben |

| | |
|----|--|
| | ser consensuadas con un grupo muy extenso de directivos, los procesos se complican más allá de parámetros racionales. Una opción que siempre resulta efectiva es delegar las decisiones técnicas, a un consejo de técnicos expertos. Posteriormente las direcciones pueden tomar decisiones, políticas con todos los parámetros técnicos necesarios. |
| R5 | Prácticamente creo que tiene las mismas dificultades, siempre se trata de tiempo y de recursos físicos e informáticos, lo que se traduce en inversión económica, dicha inversión, quizás, es más llevadera en las universidades que en las empresas privadas donde se dispone de menos subvenciones y el rendimiento inmediato, así como se tiene más en cuenta la producción. |

Tabla 54. Respuesta a la entrevista a profesional PP10. ¿A qué asignaturas o materias crees que afecta una implementación BIM en grados? ¿por qué?

| Profesional | Comentarios |
|-------------|---|
| R1 | Todas aquellas que trabajen sobre un edificio son susceptibles de trabajarse en BIM como herramienta. Por ejemplo, si estudias un edificio en historia del arte tiene sentido hacer la maqueta en BIM, en mediciones y urbanismo también, porque agilizaría procesos. |
| R2 | En asignaturas proyectuales relacionadas con edificación y construcción. Urbanismo también es proyectual pero no sabría decir, nosotros no lo hemos aplicado. |
| R3 | Todas las asignaturas que requieran un proyecto, ya sea su diseño o un análisis en profundidad. |
| R4 | Entiendo que, a todas, pero preferiría no pronunciarme sin conocer los planes de estudios y los recorridos curriculares. |
| R5 | Todas las asignaturas que sean de aplicación directa en el proceso constructivo deberían estar implementadas en BIM. |

Tabla 55. Respuesta a la entrevista a profesional PP11. ¿Consideras necesario modificar los planes de estudio para integrar BIM de forma transversal a las distintas materias/asignaturas? ¿por qué?

| Profesional | Comentarios |
|-------------|--|
| R1 | Sí, pero no como asignatura transversal, se tiene que cambiar la herramienta con la que dan cada asignatura. Debería haber alguien, un coordinador, que fuera acercando posiciones y que diga a donde queremos llegar y hacia donde hay que ir, no sé si eso se puede hacer en un plan de estudios. Esa persona no va a saber más de mediciones que el de mediciones, por ejemplo, pero tienen que estar coordinados. Que haya alguien arriba que sea el que coordine, pero el de arriba no tiene que ser el que haga el trabajo de los de abajo. Ese planteamiento se iría mejorando año a año. |
| R2 | Sí, totalmente. La necesidad que está en el mercado se debe incorporar en la universidad de forma imperativa. |
| R3 | Los profesores deberían ser expertos en BIM para poder gestionar tantos proyectos, tantos alumnos y tantos archivos con sus respectivas peculiaridades. Se debería cambiar de manera rotunda, desde las raíces. |
| R4 | Es imprescindible. Todo gran objetivo formativo requiere provocar cambios importantes que permitan alcanzarlo. |
| R5 | Es una metodología tecnológica necesaria en el presente y con una gran proyección en el futuro, por lo que debería ser transversal. Al hacerla transversal se podrían modificar los créditos de las asignaturas afectadas y establecer criterios de evaluación acordes a esta asignatura como herramienta informática de diseño e información. |

3.5 DISCUSIÓN

Desde el inicio de la investigación hemos hablado de la diferencia entre tecnología y metodología BIM. En este sentido, las líneas de acción L.A.1 y L.A.2 tienen objetivos comunes, pero se han implementado de forma muy distinta, lo que ha supuesto a su vez que las dificultades y propuestas para implementarlas sean también completamente diferenciadas. Por dicha razón, el presente apartado engloba la discusión del modelo específico y los distintos grupos de análisis en los siguientes subapartados:

- Impartición de tecnología BIM
- Aplicación de metodología BIM en distintas áreas
- Desafíos y propuestas de mejora

El enfoque mixto de la presente investigación ha dado resultados significativos, los cuales se detallan en los siguientes apartados, siendo de gran valor las percepciones de los distintos grupos de análisis detectadas en las entrevistas.

Tras los resultados obtenidos en el caso de los estudiantes, y apreciando la diferencia claramente destacable a partir del curso 2019-2020 (ver apartado 3.2) donde se incorporan conocimientos avanzados, es importante seguir indagando en lo que ocurre a partir de esa fecha. Es por ello que el perfil de alumno escogido para las entrevistas es un perfil más maduro, alumnos que cursaron EII tras el inicio de la implantación BIM y, que posteriormente realizaron de forma obligatoria u optativa EIII. En el momento de la realización de la entrevista están en 4º curso, donde es posible que hayan aplicado sus conocimientos BIM en otras asignaturas del grado.

El análisis de los datos derivados de las interacciones con el profesorado es altamente complejo debido a una serie de condicionantes previamente ya comentados: baja participación en las encuestas teniendo en cuenta la plantilla total, perfiles muy diferenciados, y debido a que es la muestra con mayor disparidad en sus respuestas y observaciones en función de sus intereses profesionales y sectorización académica. Adicionalmente, un hecho diferencial que hemos identificado es que estamos delante de la

muestra que más menciona las herramientas, pero menos los procesos, algo que posteriormente discutiremos.

Tras realizar las entrevistas, se observa que los profesionales son muy claros y rotundos en sus explicaciones y es el grupo de estudio que más grado de coincidencia tiene en sus respuestas. Todos ellos trabajan con metodología BIM por la agilidad que ofrece en los procesos y por las posibilidades que ofrece en distintas fases. Decidieron dar el salto a BIM por requerimientos de clientes, porque creyeron que era el momento de evolucionar tras la crisis de la construcción y para ser más competentes. Con BIM pueden controlar mejor el proyecto que con AutoCAD® y los cambios son mucho más ágiles. En la actualidad siguen trabajando con esta metodología, ninguno de ellos ha vuelto a los sistemas antiguos, lo que demuestra que, una vez en funcionamiento, es una manera de trabajar claramente más eficiente.

3.5.1 Impartición de tecnología BIM

Según la visión de los profesores de herramientas informáticas y de la propia autora, a la hora de incluir tecnología BIM es necesario analizar qué conceptos se ofrecen en cada curso académico para poder definir correctamente el nivel de LOD y así facilitar que el aprendizaje del alumnado sea continuo y en el orden necesario. Como se ha visto en la sección 3.2 Análisis del Perfil del Estudiante, si el esfuerzo de los profesores BIM se centra en este hecho, la respuesta del alumnado es aceptable. Sin embargo, al incluir BIM en el plan de estudios sin modificarlo, no es posible detectar y decidir en qué momento es óptimo y en qué cantidad se debe ofrecer el conocimiento de la tecnología BIM, únicamente es posible integrarla en las asignaturas existentes y adaptarla de la mejor manera posible.

En el caso de la ETSALS, se incluye BIM en una asignatura troncal de 2º curso y en otra troncal de 4º curso para GAE (optativa para GEA). Si el objetivo de la L.A.1. es incluir BIM en el plan de estudios para llegar a todo el alumnado, no es posible realizarlo a través de una asignatura que para un amplio abanico de alumnos es optativa. Además, incluir este tipo de

softwares sustituyendo anteriores no se debe hacer sin una reflexión previa. Los softwares BIM, como ya se ha mencionado, tienen un gran componente constructivo y de gestión de la información, lo que hace que el aprendizaje de los mismos sea mucho más complejo y lento a la hora de asimilar conceptos. Por lo tanto, sustituir, en el mismo horario lectivo, un software no BIM, por uno BIM, no es una tarea automática y puede llevar a que el alumno no reciba los conocimientos suficientes o a una curva de aprendizaje inadecuada.

Tal y como demuestra el análisis realizado a los estudiantes (Figuras 49 y 50, subapartado 3.2.1), los alumnos que más conocimientos han adquirido son los que mejor comprenden las ventajas y las dificultades de los softwares BIM. Es por ello por lo que, cuanto más conocimiento tiene el alumno analizado, más formación considera necesitar. Además, afirman la necesidad de seguir recibiendo formación en sistemas CAD, lo que demuestra que ambos aprendizajes no son incompatibles, sino todo lo contrario.

La primera pregunta realizada a los estudiantes analizados en las entrevistas les pedía una descripción de lo mejor y lo peor sobre el aprendizaje BIM que han recibido por parte de las asignaturas que lo imparten. En cuanto a lo mejor, afirman que el proceso de aprendizaje es muy dinámico y los contenidos les parecen prácticos. Trabajar en un modelo tridimensional les ayuda a entender el proyecto en global y mejora su visión 3D. Detectan errores constructivos más rápido, ya que visualizan todo a la vez, maqueta, secciones, plantas... Además, las píldoras de conocimiento impartidas en EIII durante las sesiones, les han resultado muy provechosas. Por otro lado, describen como la peor parte el tiempo dedicado al aprendizaje, no les resulta suficiente y dejan de usar los softwares fuera del horario lectivo porque necesitan dedicar mucho tiempo a obtener un buen modelo. Además, mencionan que es necesario dedicar más tiempo de la asignatura al grafismo, por ser la parte que más dificultades tienen de controlar.

En cuanto al profesorado, su nivel de conocimiento es sustancialmente mayor en CAD que en BIM (Figura 54, subapartado 3.3.2). En las entrevistas reflejan el interés por formarse más en BIM y la necesidad de integrar ambos tipos de formación en los estudios de grado. Tal y como se ha visto en el análisis del perfil docente, consideran que el uso de CAD ayuda a la adquisición de competencias de su asignatura en mayor medida que el uso de BIM. De igual forma, consideran más útil el CAD que el BIM en el entorno laboral.

Tres de los docentes entrevistados coinciden en que la impartición de tecnología BIM en el grado es indispensable desde primeros cursos para aplicarla después en distintas áreas. Sin embargo, al profundizar en si deben existir asignaturas dedicadas únicamente a la impartición de softwares tecnológicos afirman que se debe reflexionar dentro de una revisión global del plan de estudios, de dónde se obtienen los créditos necesarios para tal fin. Es decir, evaluar el porcentaje que se debe dedicar a BIM dentro del plan de estudios para no dañar otras áreas de conocimiento. Por otra parte, dos de los entrevistados, afirman que BIM debe pertenecer al mundo de la especialidad e impartirse en últimos cursos de forma opcional.

En el caso de los profesionales entrevistados, la apuesta por implantar BIM vino de los CEOs de las empresas, según afirman cuatro de ellos. Además, dan gran importancia a la formación, bien habiéndose apoyado en equipos BIM externos para guiarles al realizar dicha implantación o bien incorporando al equipo a personas con alta formación en dicha metodología. Los resultados de las entrevistas (subapartado 3.4.1) demuestran la importancia de formar bien a todo el equipo, incluso a los propios CEOs. Es importante que ellos también se impliquen en el cambio y, si es posible, contar con una persona en el equipo con altos conocimientos. Mencionan la importancia de aprovechar un proyecto en marcha para encontrarse los problemas reales y aprender a solucionarlos con BIM.

Al preguntarles sobre BIM en el ámbito académico, consideran imprescindible integrar BIM durante los estudios de grado para que los arquitectos o arquitectos técnicos puedan enfrentarse al mundo laboral. Creen importante que se haga desde el principio, como base, para interiorizarlo y coger agilidad y que se mantenga durante todo el grado de forma transversal, como hilo conductor del plan formativo (tal y como menciona uno de ellos). Son partidarios de que existan asignaturas dedicadas exclusivamente a impartir BIM y se haga en distintos cursos y en mayor profundidad de lo que se imparte actualmente.

3.5.2 Aplicación de metodología BIM en distintas áreas

La L.A.1 (incluir tecnología BIM en el plan de estudios), aun teniendo dificultades, es llevada a cabo. Tal y como se ha descrito en el apartado 3.1, las mayores dificultades recaen en la L.A.2 (incluir metodología BIM como soporte al aprendizaje en las distintas áreas). Dicha línea se encuentra en proceso de mejora constante ya que, hasta el momento, no se ha conseguido una integración BIM completa y transversal al plan de estudios.

La mayor parte del profesorado de las distintas áreas no tiene conocimientos BIM, por lo que desconoce cómo incluirlos en su asignatura. Muchos de ellos se muestran dispuestos a hacerlo, sin embargo, mencionan no tener tiempo para dedicar dentro de sus asignaturas, perderían horas de impartición de conocimientos de la misma, lo cual, no es viable, ni necesario. Además, aunque se observa una creciente motivación por parte de algunos profesores para formarse en BIM, es un proceso lento. Antes de integrar procesos BIM en sus asignaturas, aparte de formarse, deben comprender los beneficios que aporta a su asignatura, decidir qué software utilizar y comprender la interoperabilidad entre su software y el software arquitectónico que se imparte en asignaturas de herramientas, lo cual no es viable sin la coordinación entre áreas. El profesorado BIM está focalizado en facilitar dicho proceso a las distintas áreas y su implicación es necesaria, pero no suficiente, ya que las distintas áreas deben realizar el cambio a BIM fomentándolo desde la propia área.

Ambas líneas de acción, L.A.1 y L.A.2 tienen un objetivo distinto y, por tanto, procesos distintos para llevarlas a cabo, pero tienen vasos comunicantes. En asignaturas de herramientas se imparte tecnología BIM, el software arquitectónico, y se imparten también los conceptos de algunos procesos para facilitar la integración en otras asignaturas. De la misma forma, las asignaturas que aplican metodología o procesos BIM, deben seguir impartiendo software, el específico para la materia en cuestión. Es necesario seguir formando al alumnado en distintas herramientas, desde distintas asignaturas para poder aplicarlo en cada una de ellas.

Analizando los resultados obtenidos del proceso mixto realizado podemos afirmar que, tal y como se ha visto en la Figura 50, los grupos de alumnos que recibieron formación básica y avanzada comprenden considerablemente más (aproximadamente un 50% más) la

diferencia entre sistemas CAD y metodología BIM que el grupo que únicamente recibió formación básica. Sin embargo, al trasladar dicha comprensión de la metodología BIM a nivel teórico al práctico, únicamente dos de los entrevistados han aplicado BIM en otras asignaturas. Lo aplicaron primero en proyectos y después en construcción e instalaciones, por la rapidez de obtener dibujos o secciones y por la mayor comprensión que les aporta verlo de forma tridimensional. El resto afirman haberlo intentado, pero no lo hicieron por falta de agilidad. Según mencionan, dedicaban más tiempo a entender el funcionamiento de las herramientas que a la realización del proyecto en sí, por lo que se acabaron decantando por formas de trabajo más rápidas y sencillas como AutoCAD®.

Al preguntar al alumnado si salen preparados para enfrentarse al mundo laboral con el BIM que han adquirido en sus estudios hay cierta discrepancia. Algunos de ellos responden afirmativamente por percibir de gran utilidad los conocimientos adquiridos. Otros, al no haberlo utilizado durante el resto de los cursos de sus estudios, dicen haber perdido conocimientos y tendrían que refrescar. Además, es importante mencionar que EIII únicamente es obligatoria para GAE, los entrevistados están realizando el GEA, donde la asignatura es optativa. Mencionan que, hoy en día, no es posible salir preparados con asignaturas optativas BIM, que se deben dedicar más horas a la asignatura para ir aplicándolo de forma constante durante el grado.

El análisis cuantitativo del perfil docente demuestra que el 56,2% de los encuestados no ha integrado BIM en sus asignaturas. De los cuales, más del 70% manifiesta no ser necesario para su asignatura. Por otra parte, Sin embargo, el 42,9% del profesorado sostiene no haberse formado por falta de tiempo, por lo que dichas respuestas son algo contradictorias, no están formados, pero afirman no ser necesario en su asignatura.

De la misma forma, en el análisis cualitativo afirman que el profesorado de distintas asignaturas parece no tener suficientes conocimientos BIM, y aclaran que no están en contra de incorporarlo, al revés, destacan sus virtudes. Para realizar la implementación BIM en grados, consideran que el profesorado debe estar formado porque, en caso contrario, tendrían dificultades para orientar al alumno. Uno de ellos menciona, incluso, que dicha formación es clave. En las asignaturas que no sea necesario BIM, no es necesaria dicha

formación. También se refleja que conocen poco el trabajo colaborativo BIM, pero como concepto les parecería bien usarlo si ayuda al trabajo en equipo del alumno.

Declaran que los procesos que podrían ayudarles a realizar la integración son: el soporte del equipo BIM en sus clases, documentación específica facilitada por el equipo BIM, y formación específica para su asignatura etc. No consideran necesario ofrecer alguna sesión enfocada a enseñar BIM aplicado a su asignatura dentro de su horario lectivo, afirman no tener capacidad para integrarlo sin más horas de clase. Si lo hicieran, tendrían que eliminar conocimientos de sus propias sesiones. También declaran haber observado que el alumnado no tiene suficientes conocimientos BIM para aplicarlos en sus asignaturas.

Muestran disparidad en cuanto a si es necesario integrar BIM en estudios de grado y cuándo. Tres de ellos afirman que es necesario y desde primeros cursos, para aprender primero las herramientas y después aplicarlas en las distintas asignaturas. Dos de ellos, declaran que debe realizarse en el ámbito de la especialidad, en últimos cursos y, de esta forma, que el alumno sea libre de decidir que herramienta aplica en cada asignatura. Lo mismo ocurre al preguntar si tendría sentido aplicar BIM en entregas de distintas asignaturas, tres de ellos afirman que sí claramente, porque ayudaría al alumno en la comprensión de los proyectos, y dos indican que no, que la herramienta utilizada por el alumno debe ser libre.

Por otra parte, analizando la globalidad de las respuestas obtenidas en las entrevistas, consideran que los alumnos de la ETSALS salen capacitados de sus estudios de grado en cuanto a BIM y en relación a otras escuelas. Sin embargo, afirman que son insuficientes para una aplicación de estos procesos en la realidad profesional.

El análisis cualitativo del tercer grupo de estudio, demuestra la importancia que dan los profesionales no docentes a que todo el equipo trabaje en modo colaborativo, que su flujo de trabajo habitual se haga de forma multidisciplinar y, sobre todo, al cambio en la manera de trabajar, se deben modificar los flujos con los que se trabajaba anteriormente, un aspecto que no ocurre en muchas empresas o instituciones que dan el salto a BIM sin éxito cuando, con escasa formación, sin modificar flujos de trabajo y sin dar importancia al cambio metodológico que supone, pretenden incorporar BIM únicamente como una mera

herramienta de dibujo. Ver el salto a BIM como un cambio únicamente tecnológico lleva a muchas empresas a fracasar en el intento.

Aunque uno de los profesionales menciona que no sea de forma obligatoria y se dé la opción al alumno de usarlo o no, todos ellos coinciden en que tiene sentido aplicar BIM en los ejercicios o entregas de proyectos, urbanismo, instalaciones, mediciones... etc. La mayoría de ellos no sólo menciona que tenga sentido, sino que lo consideran básico e imprescindible para asegurar la formación del alumno en todas las disciplinas. El grupo de análisis de perfil profesional, además de mencionar la importancia de formar a los estudiantes en aplicaciones BIM, recalcan la trascendencia de incluir la metodología como integración de procedimientos y protocolos de forma transversal en todas las asignaturas con el software necesario en cada una de ellas. Además de que el alumno lo aplique en ejercicios de distintas asignaturas, consideran indispensable que el profesorado de éstas esté formado en BIM. Se debe aprender la asignatura y los programas necesarios para ella en paralelo, a la vez, y desde la misma asignatura. Teniendo en cuenta que el objetivo de la asignatura es el contenido de la misma, y BIM no debe comerse el contenido, pero sí ser un medio para llegar al objetivo. En estas asignaturas no es necesario BIM para aprender, pero si existe la opción de aprenderlo a través de BIM lo consideran positivo y necesario porque no solo deben aprender el contenido sino el cómo trabajar ese contenido. En definitiva, la asignatura y la herramienta deben ir de la mano, ya que el alumno puede tener dudas del contenido de la asignatura y de la herramienta utilizada para ese fin. Para ello, el profesor debe estar formado en el BIM específico para impartir su asignatura. Sería contradictorio que un profesor de arquitectura o edificación, el cual ejerce su profesión, y en la misma usará BIM, que no lo impartiera en docencia. Según afirman, hoy en día aún hay muchos docentes que no usan BIM en su trabajo fuera de la universidad, por lo que sería imprescindible que los profesores que expliquen procesos BIM en sus asignaturas sean aquellos que lo usan a nivel profesional.

3.5.3 Desafíos y propuestas de mejora

El grupo de estudio de perfil estudiante observa que la ventaja del trabajo colaborativo BIM es la posibilidad de que distintos compañeros avancen en un mismo modelo digital simultáneamente y tengan la posibilidad de actualizarlo instantáneamente. Sostienen que les ha resultado una manera interesante de trabajar y afirman mayoritariamente que esta forma de trabajar pueda tener proyección en otras asignaturas en las que hagan trabajos en grupo, aunque también remarcan que el servidor debería mejorar para poder llevarlo a cabo.

También se les pregunta qué mejorarían y/o pedirían a la escuela para mejorar la integración BIM en los grados mencionados. Dos de ellos mencionan que sería bueno impartir BIM desde primer curso, tres de ellos exponen que sería positivo ampliar los conocimientos con una asignatura BIM en cuarto curso e insisten en la necesidad de recibir más formación en grafismo y menos en modelado. En resumen, piden más horas dedicadas a asignaturas que imparten BIM. También observan que para aplicarlo en otras asignaturas necesitan, en horario de las mismas, el soporte de profesores con conocimientos BIM que resuelvan dudas sobre la herramienta.

Al preguntar por las dificultades de integración BIM en grados declaran que cualquier cambio tecnológico cuesta, tanto en empresa como en universidad. Identifican como puntos relevantes las siguientes dificultades para integrar BIM en el plan de estudios: falta de voluntad, falta de tiempo, miedo al cambio, o la rigidez del plan de estudios que impide flexibilidad. Mencionan que sería necesario cambiar el plan de estudios y hacer un análisis, no únicamente de conocimientos BIM, si no una reorganización completa. Una de ellas declara que, el plan de estudios debería garantizar flexibilidad para realizar este tipo de integraciones y, de esa forma, no sería necesario cambiar planes de estudio.

Para mejorar la implementación BIM de la ETSALS, el profesorado concluye con las siguientes ideas a implementar: tener bibliotecas BIM en la escuela, integrarlo de forma transversal y natural sin cambiar la base de las asignaturas, pedir a los alumnos una de las entregas de sus asignaturas en BIM y formar a los profesores en dicha metodología. Sin embargo, no contemplan impartir BIM aplicado a su asignatura dentro de sus horas lectivas, únicamente que el alumno lo aplique.

Todos los integrantes del grupo de análisis de perfil profesional afirman usar el trabajo colaborativo BIM de forma habitual y les resulta un procedimiento óptimo a nivel profesional, manifestándolo con expresiones como ‘una revolución’, ‘un avance excelente en el trabajo’, ‘es fantástico’ o ‘recomendable, deseable y con un futuro prometedor’. Garantizan que ha mejorado el flujo de trabajo que tenían con las referencias externas de AutoCAD® y les permite trabajar de forma multidisciplinar. A los cinco entrevistados les parece imprescindible utilizarlo para ejercer su profesión. Y, aunque la realidad de la profesión sea el trabajo multidisciplinar y colaborativo, no consideran que sea necesario en los grados, ya que es un proceso solitario. En general, consideran que puede tener sentido aplicarlo en trabajos grupales, pero no de forma individual o durante todo el grado. Uno de ellos dice que el trabajo colaborativo BIM es la mejor opción para potenciar el trabajo profesional y hace una observación más profunda mencionando que queda pendiente el incorporar de forma efectiva el trabajo en equipo, no solo en la universidad sino en cualquier otro ambiente educativo y profesional ya que percibe indispensable el trabajo colaborativo para cambiar las inercias unipersonales que arrastra la sociedad.

Según declaran los profesionales no docentes, la resistencia al cambio existe tanto en empresas como en instituciones universitarias. Matizan que las universidades tienen mayores subvenciones e investigación que las empresas, por lo que debieran tener menos dificultades a la hora de implantar BIM. Sin embargo, sostienen que las empresas necesitan ser más competitivas y habitualmente son más pequeñas (con un organigrama piramidal más claro y controlable), por lo que son más propensas a asumir riesgos. En la universidad la pirámide es mucho mayor, hay muchas personas, áreas y departamentos que coordinar, la política universitaria es más compleja, lo que manifiestan que puede conllevar mayor resistencia a la hora de realizar un cambio tan importante.

Al preguntarles sobre a qué asignaturas o materias afecta una implementación BIM en grados, coinciden en que todas aquellas que tengan que ver con el concepto de ‘edificio’ y el proceso constructivo son susceptibles de aplicar BIM. Al tratar de incorporarlo de forma transversal, las asignaturas no deben cambiar su contenido, sino la herramienta con la que se imparte el contenido. En ese punto, es importante coordinar las distintas herramientas que se ofrecen en cada asignatura, ya que no serán las mismas en todas ellas. Por ello, afirman que las universidades deben delegar estas decisiones técnicas a un consejo de

expertos, o a una persona que coordine a las distintas asignaturas en lo que a BIM se refiere. Dicho experto, no sabrá más de mediciones que el propio profesor de mediciones, por ejemplo, pero debe ser el que oriente y coordine a las distintas asignaturas en los procesos BIM para garantizar la coordinación entre ellas.

Los profesionales entrevistados exponen que BIM es una metodología tecnológica necesaria en el presente ámbito laboral y con gran proyección en el futuro, por lo que se debe incorporar a la universidad de forma imperativa. Para realizar un cambio así es necesario modificar el plan de estudios desde las raíces: ‘un gran objetivo formativo requiere provocar cambios importantes para alcanzarlo’ menciona uno de ellos.

4 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

4.1 CONCLUSIONES

Otras investigaciones han realizado y fundamentado propuestas de integración BIM en los planes de estudio universitarios. En cambio, la presente tesis aporta como aspecto diferencial y novedoso el análisis exhaustivo de las dificultades que tanto estudios previos han identificado, como de las acciones derivadas en el marco de implementación BIM de la ETSALS en los últimos cuatro años, y finalmente la percepción de profesionales expertos en procesos BIM. Dicho análisis se ha realizado mediante métodos de evaluación mixta y centrados en la experiencia del usuario. Sin duda, el objetivo conseguido ha sido el identificar aspectos comunes en todas las implementaciones que complican una implementación BIM en el entorno universitario eficaz y eficiente. Las evidencias aportadas por nuestra investigación van más allá de la visión EGA (previamente demostrada) e incluyen perspectivas más amplias y centradas en los diversos perfiles de usuario que implica dicha implementación. En este apartado se resumen las conclusiones obtenidas de los objetivos y de las distintas preguntas de investigación.

4.1.1 Objetivo 1

Las preguntas de investigación P.1 (¿Qué procesos o estrategias se están llevando a cabo para implementar BIM en los planes de estudio AEC del mundo?), P.2 (¿Cómo se está analizando la viabilidad de dichas estrategias?) y P.3: (¿Existe o se está investigando en una guía de implementación BIM académica que sirva como referencia para los centros educativos?) han ayudado a dar respuesta al O.1 (Identificar estrategias de intervención, métodos de evaluación y resultados de estudios previos que han realizado y analizado propuestas para implementar BIM en grados AEC) en el marco teórico del presente documento. Se detalla, a continuación, el resumen obtenido.

Las investigaciones demuestran la efectividad de utilizar BIM como herramienta didáctica, pero aprecian también la existencia de obstáculos importantes y los definen como

comunes a todas las universidades. Además, existe disparidad, en cuanto al momento en el que se debe realizar dicha integración, si al inicio o al final. La mayoría de las estrategias llevadas a cabo, por el hecho de no tener posibilidad de cambiar los planes de estudio, parten de la incorporación de herramientas en asignaturas de EGA, sustituyendo el software tradicional por software BIM. Mencionan la importancia de la transversalidad, habitualmente inexistente para proyectos BIM, para poder aplicarlo después al resto de áreas. Como hemos visto, algunos autores plantean un plan o protocolo de implementación propio (Boton et al., 2018b)(Hailer et al., 2019)(Jin et al., 2019)(Otey et al., 2019)(Sánchez et al., 2019a), sin embargo, estos estudios se proponen mayoritariamente como propuestas teóricas, siendo escasos los resultados prácticos de la aplicación de dichos protocolos, debido a las dificultades encontradas en el camino.

En cuanto a los métodos de impartición, el PBL es la metodología más utilizada en grados AEC y la integración BIM se propone a través de los mismos. Los métodos de evaluación más utilizados son encuestas a estudiantes para obtener resultados de motivación y satisfacción. Habitualmente, dichas encuestas se pasan al estudiante una vez ha realizado algún curso BIM, pero no se les pregunta sobre sus estudios completos o sobre el grado de aplicación BIM general en todas las áreas de conocimiento. Algunos autores evalúan dichas percepciones y experiencias a través de entrevistas(Ferrandiz et al., 2018)(Sotelino et al., 2020)(Zhang et al., 2020).

Como se ha indicado en el subapartado 2.3.4 (estrategias de implantación para grados), podemos encontrar propuestas propias de implantación en determinados centros o escuelas. En dichas propuestas, y siendo conscientes de la complejidad de dichos proyectos, se recalca la necesidad de un protocolo académico BIM que abarque los procesos a seguir mediante guías docentes en las que respaldarse. Así mismo se asegura que existe una gran falta de coordinación entre instituciones para poder estandarizar, como ocurre en el ámbito profesional, la integración de procesos BIM.

Es necesario matizar en este punto que las universidades públicas son más conservadoras y resistentes al cambio, sobre todo al depender de estructuras muchas veces deslocalizadas y complejas. En este sentido, las universidades privadas tienen una potencial ventaja, ya que

parte de su funcionamiento empresarial permite que se apueste habitualmente por cambios tratando mantenerse en continuo estado de innovación. Sin embargo, tras la revisión sistemática se puede afirmar que tanto universidades públicas, como privadas, están siguiendo los mismos procesos de implantación BIM y, en consecuencia, sufriendo las mismas dificultades.

Así como en el ámbito empresarial, tal y como se expone en el subapartado 2.1.3 (repercusiones y procedimientos) del marco teórico, existen diversas guías y estándares en continuo proceso de mejora y fomentado por las administraciones, en el plano académico aún estamos solo en los inicios. Tal y como muestra la revisión sistemática, las estrategias llevadas a cabo por las universidades son muy dispares y todas ellas reclaman la necesidad de unas guías o protocolos en los que basarse. Tras la revisión sistemática, a medida que se ha avanzado en la investigación, se ha detectado que existen instituciones en Europa que están trabajando en la creación de una guía estandarizada para centros educativos, pero aún no está consolidada ni extendida.

4.1.2 Objetivo 2

Con respecto al O.2 (Evaluar la viabilidad de un modelo específico para la integración de metodología BIM en el actual plan de estudios en los grados de Arquitectura y Arquitectura Técnica y Edificación de un caso concreto) es necesario analizar los resultados de los objetivos específicos O.E.2.1 (Analizar los resultados de la integración de tecnología BIM en el plan de estudios), O.E.2.2 (Analizar los resultados de integración de procesos y flujos de trabajo BIM en distintas áreas de conocimiento transversales al plan de estudios) y O.E.2.3 (Detectar y analizar las dificultades encontradas durante el proceso).

La viabilidad de dicho modelo es limitada, la integración de tecnología BIM arroja resultados positivos, sin embargo, la integración de metodología en las distintas áreas es muy dificultosa. Las preguntas de investigación dan respuesta a dichas dificultades.

4.1.2.1 *Objetivo Específico 2.1*

Tal y como demuestran las apreciaciones de los estudiantes en el apartado 3.2, a partir del curso 2019-2020 donde se aplica tecnología BIM más avanzada, los resultados son satisfactorios. Se aprecia un aumento en el interés del alumnado y una pérdida de miedo a la hora de aplicarlo en otras asignaturas debido al mayor conocimiento.

Además, según los profesores de las asignaturas BIM, aprecian que los distintos LODs aplicados en las distintas asignaturas de informática ayuda al estudiante a integrar de forma correcta el modo de trabajo en aplicaciones BIM, evitando malos vicios y asentando las bases del aprendizaje BIM acorde al proceso de aprendizaje del alumno en cada curso. Sin embargo, la integración de tecnología en este tipo de asignaturas no es suficiente. En dichas asignaturas se imparte la base, pero es necesario que el estudiante siga aprendiendo tecnología en el resto de las asignaturas, aplicada a los procesos de la asignatura en cuestión.

4.1.2.2 *Objetivo Específico 2.2*

En cuanto a los cambios realizados en las asignaturas se aprecia claramente una evolución por parte del aprendizaje del alumno, sin embargo, no por parte de los profesores ni cuando el alumno debe aplicarlo en las distintas áreas de conocimiento.

Los estudiantes que consiguen aplicar BIM lo hacen únicamente como herramienta de modelado para visualización y obtención de planos, incluso así, de forma deficiente por no continuar con formación una vez completan los cursos de informática. Por lo tanto, no existe transversalidad, los procesos y flujos no se aplican en otras áreas de conocimiento.

4.1.2.3 *Objetivo Específico 2.3*

Como principal evidencia, se aprecia mayor disparidad de opinión entre el profesorado analizado, ya que los estudiantes y CEOs coinciden de forma mucho más clara en sus observaciones, tal y como se ha mostrado en el apartado 3.5. A pesar de ello, las dificultades encontradas, son las mismas que están sufriendo otras instituciones. Cuando se encuentran

casos exitosos de implementación en grados son referidas a la inclusión de tecnología, cuando se abarca todo el plan de estudios no lo son, o únicamente se han analizado de forma teórica. En este punto es importante mencionar, que este hecho lo demuestra la visión de los tres perfiles analizados, no únicamente la de los docentes BIM. A continuación, se analizan las dificultades encontradas durante el proceso, dando respuesta a las preguntas de investigación.

4.1.3 Preguntas de investigación

4.1.3.1 P.1: ¿Qué procesos o estrategias se están llevando a cabo para implementar BIM en los planes de estudio AEC del mundo?

En cuanto a la P.1, los procesos y estrategias que se están llevando a cabo son diversos. En una primera aproximación, la mayoría de los centros han iniciado el proceso de implementación a través de una asignatura o una actividad concreta. Por supuesto, dicha integración se debe diseñar para favorecer el aprendizaje experiencial, donde el saber se consigue a través de la práctica (Davis et al., 2018). Sin embargo, hay un problema persistente de la integración de este tipo de tecnologías únicamente en el área de EGA. Incluirlo en departamento gráfico es necesario pero insuficiente, se requiere la integración en el plan de estudios completo (Otey et al., 2019), el software no debe ser el foco de la educación BIM, sino la metodología. Los estudiantes se beneficiarían más sabiendo cómo aprender y pensar con una herramienta que únicamente sabiendo usarla (Leite, 2016). Algunos de los artículos se centran en buenas prácticas y estudios de caso a través de PBL. Otros, se centran en análisis teóricos y reflexivos. Pocos de ellos realizan ambos análisis en el mismo estudio, siendo la parte teórica indispensable para definir la incorporación de esta metodología en áreas que no sean de expresión gráfica, donde los procesos son primordiales, más que el conocimiento de herramientas (Alfaro-González, Jesús; Valverde-Cantero, David; Cañizares-Montón, José Manuel; Martínez-Carpintero, n.d.).

Por ello, se debe concienciar al profesorado de que este tipo de implementación no afecta únicamente al área de expresión gráfica. El área de expresión gráfica debe liderar este tipo de integraciones, pero todas las personas involucradas en el plan de estudios deben cooperar (Í. L. Cascante & Martínez, 2018). Y no únicamente docentes, es necesario concienciar a todas las personas involucradas en la universidad, desde alumnos, profesores, directores y hasta investigadores. Los investigadores juegan un papel fundamental en este tipo de intervenciones. Sin embargo, no se les está involucrando ni en la toma de decisiones ni en los análisis científicos para mejorar la pedagogía a nivel educativo, siendo ellos probablemente los que más conocimientos puedan tener en este campo por ser tecnologías en constante evolución e investigación (Seghezzi, Elena; Di Giuda, Giuseppe Martino; Paleari, Francesco; Pattini, 2019). Cada vez hay más investigación de implementación BIM en el ámbito profesional. Aun es escasa e inmadura en el ámbito científico educativo. Una mayor colaboración entre las distintas instituciones ayudaría a que estas investigaciones maduraran más rápido y mejor. Se requiere un marco académico alimentado perpetuamente por la investigación, la disciplina y la industria, para proporcionar una educación BIM eficaz (Sotelino et al., 2020). La investigación y el seguimiento de los conocimientos y habilidades de estudiantes y graduados permitirá satisfacer mejor sus necesidades formativas.

4.1.3.2 P.2: ¿Cómo se está analizando la viabilidad de dichas estrategias?

En cuanto a la P.2, la mayoría de los estudios realizan proyectos PBL y analizan su funcionamiento a través de encuestas de satisfacción. Esto demuestra la necesidad de implantar BIM en las universidades, ya que los estudiantes y docentes apoyan este hecho. Pero no se analiza, excepto en algunos casos concretos, la viabilidad de dicho método o estrategia de implantación llevada a cabo.

La introducción de BIM en los planes y programas de estudio no debe ser únicamente para responder a las demandas de la industria, sino también para facilitar el aprendizaje porque apoya en la comprensión de contenidos (Wang et al., 2020)(Comiskey et al., 2017)(Jin et al., 2019)(Swallow & Zulu, 2019a)(Sanchez et al., 2020)(Ferrandiz et al., 2018). Los directores de facultades educativas tienen reuniones periódicas en las que buscan que los planes de estudio tengan las competencias adecuadas. La metodología BIM no debe afectar

a la adquisición de esas competencias, al contrario, debe ayudar a conseguirlas. No se pretende modificar el contenido ni el objetivo de los planes de estudio, sino la metodología con la que se llevan a cabo.

4.1.3.3 P.3: ¿Existe o se está investigando en una guía de implementación BIM académica que sirva como referencia para los centros educativos?

En el ámbito profesional, por requerimientos de la industria, existen guías y estándares para la realización de una implementación BIM. Sin embargo, en el ámbito académico no ocurre lo mismo. Lo que nos lleva a la P.3: ¿existe o se está investigando en una guía de implantación BIM académica que sirva como referencia para los centros educativos? Al parecer, no. Sin embargo, la revisión sistemática demuestra que los centros lo están pidiendo.

Las universidades enfrentan grandes desafíos para implementar con éxito los cursos BIM en los planes de estudio (Lassen et al., 2018). Tienen problemas comunes a la hora de implementar BIM en sus planes de estudio y, sin embargo, realizan propuestas dispares para darle solución.

Un protocolo de actuación, guía, o estándar para todas las instituciones facilitaría el proceso y les daría más seguridad a la hora de llevarlo a cabo. Todos los artículos analizados realizan estudios individuales, pero no existe un estándar en el que apoyarse. Las universidades que implementan dicha metodología también deben seguir unos estándares para mejorar la coordinación, colaboración y la eficacia de este tipo de implementaciones. Hay diversos ejemplos que podrían servir como guía para diversas instituciones, es necesario que las personas que implementan en una universidad tengan un protocolo en el que basarse, apoyado en unos principios coherentes y comunes, basados en la mejora de la adquisición de competencias del alumnado a través de metodologías BIM. Algunas instituciones han realizado colaboraciones y comparaciones con otras, en las que demuestran la importancia de colaboración institucional para ahorrar esfuerzos, compartir beneficios y refinar los procesos (Hailer et al., 2019). Dicha cooperación supondría un avance

para prever errores y facilitaría a otros centros la integración de estas metodologías y evitaría trabajo innecesario por parte de muchas instituciones.

4.1.3.4 P.4: ¿La implementación en primeros cursos favorece al aprendizaje del alumno?

Tal y como demuestran otras investigaciones, la implementación en primeros cursos favorece al aprendizaje del alumno. Sin embargo, esta afirmación tiene matices que la condicionan. Se debe tener en cuenta que el alumno al llegar a primer curso no tiene conocimientos constructivos, los va adquiriendo a partir de su entrada en la universidad y, trabajar con metodología BIM, sin conocimiento constructivo no es posible. Se debe impartir desde primeros cursos, sí, pero no servirá de nada si no se continúa a través de los estudios completos hasta últimos cursos. Es decir, enseñarle cómo se mide a través de herramientas BIM no sirve de nada si aún no sabe lo que significa ‘medir’ o realizar un presupuesto. El alumno no tendría la posibilidad de aprender muchos de los procesos en primeros cursos porque en ese momento no está capacitado para asimilarlos y debe hacerlo más adelante durante sus estudios.

El aprendizaje BIM debe ser continuo e ir en paralelo al aprendizaje global del plan de estudios, donde el alumno vea una aplicación directa en cada uno de los cursos, desde el inicio de sus estudios hasta el final. Enseñar a un alumno un proceso que no sabe para qué sirve aún, no es viable, tampoco hacerlo al revés.

Por otra parte, se debe tener cuidado con cómo se realiza dicha integración en primeros cursos, no debe forzarse a las asignaturas a integrarlo porque sí y como sea. Cuando a un alumno de 1er curso se le está enseñando un concepto en una asignatura, y paralelamente un software en otra, puede confundir una cosa con otra y no aprender ninguna de las dos y, de esta forma, empeora el desarrollo de su aprendizaje. Una de las razones es la pérdida del concepto de escala que tienen estos softwares, lo que ocurre de forma mucho más acusada que con CAD. Por ejemplo, cuando un alumno de 1er curso está aprendiendo a distribuir mientras aprende un software de modelado de arquitectura, no comprende que el modelo está a escala 1:1 pero se imprime a distintas escalas, confunde los planos con las vistas del modelo. En el caso de CAD, también había dificultades con los conceptos de escala, sin

embargo, no era tan evidente porque únicamente se digitaliza la forma de dibujar, el lápiz pasa a ser el ratón, pero sigue siendo un lienzo plano en el que dibujar. En el caso de BIM no se dibuja, se modela.

Otra de las razones es la complejidad de funcionamiento de los softwares. Al ser softwares tridimensionales son atractivos para el alumnado y se pierden detallando elementos que no son necesarios para la asignatura en cuestión. Y cuando tratan de realizar modificaciones encuentran dos dificultades. Una, la complejidad de funcionamiento del software, no saben aún utilizar muchas de las funciones. Otra, la incapacidad de comprender el modelo de forma constructiva, por una razón evidente, estar en 1er curso en proceso de aprendizaje. No debemos olvidar que son softwares con un alto componente constructivo y, estas dificultades para el alumno conllevan que deje de pensar en la distribución (por poner un ejemplo) para comprender el funcionamiento del software.

Por lo tanto, la reflexión no es si se debe integrar en primeros cursos o no, sino cómo. Es importante evaluar donde se incorpora y de qué manera. Enseñar al alumno BIM por un lado y exigirle en otra asignatura trabajos en BIM no funciona, aparecen las dificultades mencionadas anteriormente. Depende de lo que se quiera obtener del modelo se realiza de una manera u otra, esa decisión debe tomarla alguien, por lo que debe haber coordinadores y no ser una implantación libre en el que las asignaturas escojan el cómo, sería un desastre. Ampliando esta visión al plan de estudios completo, la intención de integrar BIM en un grado simplemente exigiendo al profesorado que lo aplique en sus asignaturas es una solución caótica, debe haber coordinación entre las asignaturas de herramientas y el resto y, además una persona que coordine todo.

Por otro lado, hay parte del profesorado y profesionales que consideran que BIM debería ser una especialización en últimos cursos, lo cual no es disparatado, pero también tiene sus condicionantes. Como se hace en otros países o universidades, los planes de estudio se están orientando, cada vez más, hacia las especializaciones, debido a las demandas del sector. En últimos cursos, el alumnado tiene capacidades constructivas, por lo que puede comprender mejor el funcionamiento de los distintos softwares. Algunos de los entrevistados consideran

que con una optativa en últimos cursos sería suficiente para una especialización BIM, lo cual no es suficiente si se desea que el alumno comprenda BIM un poco más en profundidad.

Una posible solución es que el alumno adquiriera conocimientos de modelado durante el grado, en primeros cursos y de forma obligatoria y, a la hora de especializarse, de forma optativa comprenda los procesos BIM. En el caso de la ETSALS, sería posible llevarlo a cabo a través de una *Unit* que pudiera estar relacionada con BIM.

4.1.3.5 P.5: ¿Es posible integrar metodología BIM sin modificar la estructura de los planes de estudio actuales?

En este punto es importante una reflexión previa. En su tesis doctoral, Inmaculada Olivier (Oliver Faubel, Inmaculada; Villoria, Paola; Fuentes-Giner, Begoña; Del Rio Merino, 2016) nos lleva a otra pregunta: ¿es posible modificar los planes de estudio para adaptarse a las exigencias del mercado? Sí, es posible. Y si es posible hacerlo, ¿es necesario para integrar metodología BIM? Si el plan de estudios es lo suficientemente flexible como para abarcarlo no sería necesario. El problema es que habitualmente no lo es.

El reto de las instituciones es que desean ofrecer sus grados incluyendo metodología BIM sin modificar la estructura de estos. La incorporación de dicha metodología no se considera un cambio tan importante como para realizar un nuevo plan de estudios, ya que supone unos procesos académicos muy trascendentes para las instituciones.

Por lo tanto, las asignaturas que imparten conocimientos informáticos pueden incluir BIM, sí, siempre y cuando tengan créditos suficientes. Tal y como ocurre en la ETSALS, las asignaturas del resto de áreas que deben incluir metodología, si no tienen más horas lectivas para incluir procesos BIM específicos y dar soporte al alumnado no podrán hacerlo. Únicamente tienen la posibilidad de exigir al alumno que realice los trabajos en BIM, pero no se les ofrece ningún tipo de formación. Como ya se ha dicho antes, las asignaturas de informática ofrecen una base de conocimiento BIM, no tienen cabida para explicar los distintos softwares y los distintos procesos de cada asignatura específica, debe realizarse desde las propias asignaturas. Además, por una razón aún más relevante, el profesor de cada

especialidad es el experto en el tema que trata, es el que mejor debe conocer el software y proceso específico para impartir su materia.

Por lo tanto, se debería cambiar el discurso. La incorporación de tecnología BIM es posible sin cambiar los planes de estudio, la incorporación de metodología BIM no. Diseñar un plan de estudios en el que BIM sea transversal a todo el plan de estudios es un desafío muy serio (Sotelino et al., 2020).

4.1.3.6 P.6: ¿Los distintos actores/perfiles de usuario comprenden la diferencia de integración de tecnología y metodología?

Algunos sí y otros no. Como se ha mencionado en el apartado anterior, por parte de las instituciones no está claro que se comprenda la magnitud cuando nos referimos a metodología BIM.

En el caso de la ETSALS, el alumnado que ha realizado EII y EIII a partir de 2019, sí. Siendo conscientes de que ellos únicamente utilizan software de modelado en las distintas asignaturas distinguen los conceptos de lo que supone BIM, remarcan que utilizan software BIM (Revit®) y no tanto procesos BIM.

De una forma mucho menos conceptual y mucho más práctica, los profesionales entrevistados trabajan en metodología BIM de forma habitual. Hablan de las distintas herramientas y de los procesos de trabajo de forma diferenciada, por lo que es el grupo que mejor lo comprende, probablemente por estar ligados a ambas cosas en su día a día.

En el caso del profesorado de las distintas áreas, se aprecia mayor confusión. Los que conocen la metodología por haber trabajado con ella en el ámbito profesional sí realizan distinción. El resto, únicamente habla de herramientas.

4.1.3.7 P.7: ¿Es necesario un cambio generacional para integrar por completo la metodología BIM en los planes de estudio?

Probablemente sí, pero únicamente con el cambio generacional no se conseguirá hacer de forma correcta. La resistencia al cambio es un gran impedimento para el avance en las distintas tecnologías. Si, en el caso de BIM, además hablamos de modos de hacer, de pensar, la resistencia es aún mayor. En el caso del profesorado, al forzarles a realizar cambios sin soporte la resistencia es aún mayor. Recalcan que necesitan tiempo para adaptarse.

A medida que se incorporan expertos en BIM en las distintas áreas, se van incorporando procesos BIM de forma natural. Este cambio generacional es necesario para que BIM funcione en los distintos planes de estudio ya que no es posible integrar BIM en las áreas si el profesorado no lo aplica en su trabajo habitual fuera de la universidad. Sin embargo, no es la única necesidad para que la metodología BIM se integre de forma transversal en los grados, es necesario seguir coordinándolo, de forma continuada y con las actualizaciones necesarias. Y además continúa siendo necesario que las distintas asignaturas tengan cabida para el BIM en sus ECTS.

4.1.3.8 P.8: ¿Ayudaría a la implementación integrar trabajo colaborativo BIM durante los estudios de grado?

El trabajo colaborativo siempre es positivo para el aprendizaje, el trabajo colaborativo BIM también. Es donde se extrae el máximo potencial a la metodología y donde el alumno empieza a comprender lo que supone trabajar con este tipo de aplicaciones.

Tras las experiencias encontradas y la opinión de los casos de estudio, el trabajo colaborativo BIM puede ser útil y motivador para el aprendizaje del alumno. Sin embargo, no ayudaría a la implementación integrar dicho trabajo colaborativo durante los estudios de grado. Sí podría ayudar a que el alumno siga practicando y aprenda de forma más rápida, pero no parece ser un punto del todo relevante. La razón es que el alumno, habitualmente, estudia de forma bastante solitaria. Para que el trabajo colaborativo BIM pudiera funcionar y ser parte de la implementación, primero tendría que plantearse el modo de aprendizaje de

los alumnos en las asignaturas de grado. En el caso de que los estudios se orientaran a una colaboración mayor, el trabajo colaborativo BIM sí podría ayudar a que la implementación perdurara, siendo fructífera en últimos años.

En el caso de la ETSALS, los alumnos trabajan en modo colaborativo BIM en la asignatura EIII, sin embargo, no es viable que lo hagan para el resto de las asignaturas, por la complejidad que conlleva asegurar que todos tengan el hardware necesario, una red en la que colaborar de forma autónoma etc.

4.1.3.9 P.9: ¿Es suficiente ofrecer formación en asignaturas de herramientas informáticas?

Rotundamente no. Las asignaturas específicas son necesarias, pero no son suficiente. Sirven de base, donde se enseña tecnología y los principios de los procesos. Estas asignaturas deben ser la matriz, donde se imparten los conocimientos del software madre, pero después es necesario que cada asignatura imparta los conocimientos del software específico que necesite, extrayendo información de los archivos ‘madre’. Se debe continuar aprendiendo, a la vez que las distintas asignaturas, los procesos y necesidades aplicados a las mismas.

En el caso de la ETSALS, se ha observado que el primer contacto con metodología BIM realizado en 2º curso es satisfactorio. En 1er curso el alumno aprende los conceptos básicos de ambos grados y aprende sistemas CAD. Cuando en 2º curso, en EII, aprenden BIM, con un LOD muy sencillo empieza a entender el funcionamiento de los softwares de modelado de arquitectura y se les ayuda a eliminar ‘malos vicios’. En EIII, al complicar el LOD relacionándolo con otras materias (como puerta a las mismas) y, además, trabajando en modo colaborativo, comienzan a comprender también los flujos de trabajo.

Una de las dificultades encontradas y, común a la mayoría de las instituciones, es que muchos de estos talleres son de carácter optativo, no consiguiendo llegar a todo el alumnado. En el caso concreto de la ETSALS, el plan nuevo prevé que EIII sea de tipo obligatoria para ambos grados, lo cual será un avance para poder llegar a todo el alumnado, pero como se ha descrito en el párrafo anterior, BIM no será eficazmente integrado si únicamente está en asignaturas dedicadas a software.

EIII no tiene capacidad para dotar al alumno de más conocimientos, por falta de tiempo y porque será (en el nuevo plan, a partir de 2023-2024) una asignatura de 3er curso. Por lo tanto, los conocimientos que el alumno adquiere en 4º y 5º quedarían exentos de BIM. Una opción, como se ha mencionado antes, es que a partir de 3º una de las Units fuera relacionada con BIM, en la que se desarrollara un proyecto complejo en dicha metodología. Aunque no se llegara al alumnado completo y habría que estudiarlo de forma detenida, podría ser una buena forma de partida: Base obligatoria, especialización opcional.

4.1.3.10 P.10: ¿Es necesario que las asignaturas de las distintas áreas impartan, además del contenido de la asignatura, el conocimiento de las herramientas específicas relacionadas con la materia?

Si, y además desde la propia asignatura. El alumno que quiera especializarse en gestión BIM siempre tendrá la posibilidad de realizar un máster al terminar sus estudios de grado. Pero no debemos olvidar, que hay ciertos procesos que pueden comenzar desde el grado. El docente que imparte una asignatura se dedica a ella en su ámbito laboral. Si en el ámbito laboral utiliza BIM, debe explicar la asignatura mediante los procesos BIM que utiliza habitualmente. Tal y como mencionan algunos entrevistados, es necesario que los profesores sean perfiles que usen BIM en su profesión habitual.

Además, si se pretende que BIM sea transversal en todo el plan de estudios, es necesario que, tras haber aprendido la base en las asignaturas de herramientas, el resto de materias impartan el software específico para llevar a cabo su materia. Por ejemplo, en asignaturas de construcción son los profesores de la asignatura los que deben guiar al alumno impartiendo el software necesario para que el alumno entienda tridimensionalmente un detalle constructivo y sepa construirlo. Debido a que esto conlleva, horas de formación en los distintos softwares, es necesario que las asignaturas destinen parte de sus créditos al aprendizaje BIM específico de las mismas. Lo cual, es muy dificultoso sin ampliarles horas lectivas, ya que tendrían que eliminar parte de sus contenidos.

4.1.3.11 P.11: ¿Quiénes deben ser los actores involucrados en una implementación BIM académica y cuál es su grado de implicación?

Hablar de BIM de forma simplista, como únicamente tecnología y evitando el aprendizaje de los distintos procesos, no ayuda a realizar una implantación correcta. Es necesario dar un paso más allá y empezar a concienciar a los distantitos involucrados de los procesos y flujos de trabajo, de la complejidad que supone un cambio de tales proporciones. Desde el profesorado hasta las direcciones generales de los centros deben comprender lo que supone un cambio metodológico como este.

Tal y como se ha visto en el marco teórico a través de otros autores y, como ha ocurrido en esta investigación, el cambio debe ser una decisión estratégica y promovido por las direcciones de los centros. Cuando el cambio viene de un profesor o coordinador BIM, no tiene suficiente autoridad para imponerlo. El cambio no puede venir desde abajo, debe venir desde arriba en la pirámide(José Manuel Zaragoza, 2021).

Por otra parte, es necesario que exista una figura, persona o equipo, que coordine las decisiones BIM que orbitan en el plan de estudios completo. Este perfil debe tener amplios conocimientos BIM y debe pertenecer al área de EGA. Por lo tanto EGA ejecuta y lidera el cambio promovido y apoyado firmemente por las direcciones académicas(I. L. Cascante & Martínez, 2018a). Aunque sea EGA quien lleve a cabo la implementación, deben involucrarse, en mayor o menor medida, todas las áreas que conforman el plan de estudios para que funcione correctamente. Sin cooperación entre áreas sería un fracaso. Como se ha dicho en otros apartados, la persona encargada de coordinar el BIM de las distintas asignaturas las coordina, pero el trabajo debe hacerse desde las asignaturas. Son los profesores de cada asignatura, en coordinación con los redactores del plan estratégico los encargados de definir los contenidos teóricos y prácticos para que el alumno adquiera las competencias necesarias(Bernal & Rodriguez, 2018).

Por último, como se ha mencionado en el marco teórico, es necesaria más investigación BIM. Faltan perfiles BIM dedicados a la investigación que ayuden a relacionar las necesidades de la industria con la formación BIM en los grados AEC.

4.2 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

En referencia al O.1 se identifica una futura línea de trabajo en la que se realice una nueva revisión de las estrategias que se están llevando a cabo en las distintas instituciones, con el objetivo de abordar en profundidad aquellas que están trabajando en guías o protocolos con el objetivo de que sean comunes a los distintos centros. La actualización periódica de los procesos en marcha debe ayudar y permitir replicar dichos procesos en cualquier centro.

Referente al O.2 se debe seguir mejorando y perfeccionando el modelo específico de implantación BIM en los grados de la ETSALS, así como en cualquier otro centro, con la vista puesta en las asignaturas que componen las distintas áreas y analizar de qué manera las personas involucradas en la coordinación BIM pueden ayudar a las distintas materias.

Se detallan a continuación, y de forma general, posibles líneas futuras que puedan servir a distintos centros a la hora de enfrentarse a una implantación BIM en sus planes de estudio:

- Concienciar a los distintos actores involucrados de los centros educativos de la complejidad pedagógica que conlleva dicho cambio, no siendo eficiente incluir tecnología BIM únicamente en áreas de expresión gráfica.
- Sensibilizar a los centros de la importancia de la integración de metodología y no únicamente tecnología.
- Detectar dónde y cómo debe realizarse la integración BIM evaluando el proceso de aprendizaje de los alumnos para que los conocimientos adquiridos correspondan con la capacidad de comprensión de cada curso académico. De esta forma BIM sería transversal y continuista durante el grado y el proceso de aprendizaje. Este punto es imprescindible, sobre todo en primeros cursos, donde se sientan las bases.
- Evitar el carácter optativo de la impartición BIM, al menos en primeros cursos, donde se imparten las bases.
- Analizar los créditos necesarios para dicha integración y evaluar la viabilidad de modificar el plan de estudios. En caso de no ser posible dicha modificación, es necesario asegurar que el plan de estudios permita flexibilidad y transversalidad para

la incorporación de créditos dedicados a BIM. Es decir, plantear la posibilidad de ampliar créditos y horas lectivas en aquellas asignaturas (no pertenecientes a EGA) que requieran incorporación BIM para no reducir sus contenidos actuales.

- Aunque la integración deba hacerse desde las propias asignaturas, definir los procesos de coordinación. Es de gran relevancia que los centros sean conscientes de este punto ya que la coordinación continuada en el tiempo es indispensable debido al rápido avance tecnológico.

Por otra parte, se detallan posibles líneas futuras en el caso concreto de la ETSALS:

- Se percibe la necesidad de reformular la implantación a nivel estratégico. Concienciar a los distintos involucrados de las distintas dificultades y definir nuevamente los objetivos siendo conscientes de lo que supone no modificar el plan de estudios para las distintas áreas de conocimiento.
- Continuar analizando de forma sistemática y profunda, las distintas percepciones durante el proceso de mejora de la implementación BIM, tanto la integración de tecnología como la aplicación de metodología en las distintas áreas.
- Continuar trabajando en la elaboración de plantillas, librerías de familias y guías BIM para las distintas materias.
- Fomentar la formación a profesorado, tanto básica como específica y dar soporte mediante píldoras de conocimiento especializadas.
- Continuar con la impartición de tecnología BIM en primeros cursos como base o matriz, y trabajar en una Unit de últimos cursos que incorpore especialidad BIM junto a otras materias.

Por último, es necesario recalcar que se debe apostar por una mayor y continua investigación científica BIM a nivel pedagógico. Independientemente del grado y/o ámbito de conocimiento, una integración de tales características tiene más relación con la pedagogía que con la tecnología.

4.3 PUBLICACIONES A LO LARGO DE LA ELABORACIÓN DE LA TESIS

Se presentan, a continuación, las distintas publicaciones realizadas a lo largo de la elaboración de la presente tesis en congresos y revistas. Todas ellas guardan relación con las TIC y la integración BIM en el entorno AEC educativo.

4.3.1 Congresos

1. Besné, A., Fonseca, D., Navarro, I. (2020). Por qué Building Information Modelling y por qué ahora. *Estudio de la literatura de la implementación BIM en arquitectura. 2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) (Sevilla, Spain, July 24th-27th, 2020)*. <https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9140910>
 - a. Congreso indexado ISI Web of Knowledge
 - b. Artículo indexado en IEEE.
2. Fonseca, D., Sánchez, M., Besné, A., Redondo, E., Zapata, H., Navarro, I., Pla, J., Sánchez, J., Solà, C. (2020). Combining BIM systems and video-games engines in educational ephemeral urban and architectural proposals. *International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality. "TEEM'20, Eighth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality: Salamanca, Spain, October 21st–23rd, 2020: proceedings"*. New York: Association for Computing Machinery (ACM), 2020, p. 322-329. ISBN 978-1-4503-8850-4. DOI 10.1145/3434780.3436706.
 - a. Congreso indexado Scopus
 - b. Artículo indexado en ACM Library.
3. Navarro, I., Sánchez, A., Gimenez, L., Pérez, M.A., Vidal, T., Besné, A., Redondo, E. (2021). *Heritage Augmented Reality Applications for Enhanced User*

Experience. A Case Study of AR Videogames for Children at Archeological Site of Empuries, Spain. In: Zaphiris, P., Ioannou, A. (eds) Learning and Collaboration Technologies: Games and Virtual Environments for Learning. *HCI 2021. Lecture Notes in Computer Science*, vol 12785. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77943-6_20

a. Artículo indexado Springer.

4. Pérez, M.A., Navarro, I., Besné, A., Sandoval, G., Minaya, F. R., Redondo, E., Moya, J., Fonseca, D. (2021). BIM education experience in social project resolution with user evaluation. A: World Conference on Information Systems and Technologies. "Trends and Applications in Information Systems and Technologies. *WorldCIST 2021. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1367. Springer, Cham". Springer, Charm, 2021, p. 173-182. ISBN 978-3-030-72659-1. DOI 10.1007/978-3-030-7266

a. Artículo indexado Springer.

4.3.2 Revistas

1. Banawi, A., Besné, A., Fonseca, D., Ferrandiz, J. (2020). A Three Methods Proactive Improvement Model for Buildings Construction Processes. *Sustainability 2020*, 12, 4335. <https://doi.org/10.3390/su12104335>
2. Bagheri Moghaddam, F., Fort Mir, J.M., Besné Yanguas, A., Navarro Delgado, I., Redondo Dominguez, E. (2020). Building Orientation in Green Facade Performance and Its Positive Effects on Urban Landscape Case Study: An Urban Block in Barcelona. *Sustainability 2020*, 12, 9273. <https://doi.org/10.3390/su12219273>
3. Besné, A., Pérez, M.Á., Necchi, S., Peña, E., Fonseca, D., Navarro, I., Redondo, E. (2021). A Systematic Review of Current Strategies and Methods for BIM Implementation in the Academic Field. *Appl. Sci.* 2021, 11, 5530. <https://doi.org/10.3390/app11125530>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (HM Government). (2012). Industrial strategy: government and industry in partnership, Building Information Modeling (BIM). HM.
- Abbas, A., Din, Z. U., & Farooqui, R. (2016). Integration of BIM in Construction Management Education: An Overview of Pakistani Engineering Universities. *Procedia Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.034>
- Adamu, Z. A., & Thorpe, T. (2016). How universities are teaching bim: A review and case study from the UK. In *Journal of Information Technology in Construction*.
- Agustín, F. y S. (2016). *Estrategias docentes para el proceso de trabajo BIM*.
- Ahmed, A., Kawalek, J., & Kassem, M. (2017). A Conceptual Model for Investigating BIM Adoption by Organisations. <https://doi.org/10.24928/jc3-2017/0103>
- AIA. (2013a). AIA Document E203-2013 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit. *The American Institute of Architects*.
- AIA. (2013b). Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents. *BIM-Guide*.
- Al-Ashmori, Y. Y., Othman, I., Rahmawati, Y., Amran, Y. H. M., Sabah, S. H. A., Rafindadi, A. D. u., & Mikić, M. (2020). BIM benefits and its influence on the BIM implementation in Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.02.002>
- Aldeanueva-Fernández, Mercedes, García-Marín, Alberto, Barrios-Corpa, Jorge, de la Torre-Fragoso, C. (2017). *BIM: pautas estratégicas para la regeneración del método docente en las escuelas de arquitectura*.
- Alfaro-González, Jesús; Valverde-Cantero, David; Cañizares-Montón, José Manuel; Martínez-

Carpintero, J. Á. (n.d.). *Aprendizaje en formato plano. Otros métodos de implantación BIM en educación universitaria* (E. 2019 (ed.)).

Alvarez-Perez, Miguel-Angel; Bouzas-Cavada, M. (2015). La Conexión entre el Project Management y el BIM. *Spanish Journal BIM*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5496891>

Ambrose, M. A. (2007). BIM and integrated practice as provocateurs of design education. *CAADRIA 2007 - The Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia: Digitization and Globalization*, 283–288.

Ankur, J., Saket, K., Satish, C., & Dinesh, K. P. (2015). Likert Scale: Explored and Explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396–403.
https://www.researchgate.net/publication/276394797_Likert_Scale_Explored_and_Explained

Aranda-Mena, G., Crawford, J., Chevez, A., & Froese, T. (2009). Building information modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM? *International Journal of Managing Projects in Business*. <https://doi.org/10.1108/17538370910971063>

Arnett, K. P., & Quadrato, C. E. (2012). Building Information Modeling: Design instruction by integration into an undergraduate curriculum. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*.

Arrotéia, A. V., Freitas, R. C., & Melhado, S. B. (2021). Barriers to BIM Adoption in Brazil. *Frontiers in Built Environment*, 7. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.520154>

Basurto, A. (n.d.). Claves de la implantación BIM en Suiza. *Spanish Journal of BIM, buildingSMART*. Nº 18/01.

Becerik-Gerber, B., Gerber, D. J., & Ku, K. (2011). The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: Integrating recent trends into

the curricula. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 16, 411–432.

Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G. (2012). Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(3), 431–442. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000433](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000433)

Bernal, A., & Rodriguez, Á. (2018). *Strategic Plan of Graphic Expression to implement BIM on a Degree in Technical Architecture*. <https://doi.org/10.4995/head18.2018.8039>

Bishop, J. L., & Verleger, M. A. (2013). The flipped classroom: A survey of the research. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2-22585>

Bosch-Sijtsema, P. M., Gluch, P., & Sezer, A. A. (2019). Professional development of the BIM actor role. *Automation in Construction*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.024>

Boton, C., Forgues, D., & Halin, G. (2018a). A framework for building information modeling implementation in engineering education. *Canadian Journal of Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1139/cjce-2018-0047>

Boton, C., Forgues, D., & Halin, G. (2018b). A framework for building information modeling implementation in engineering education. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 45(10), 866–877. <https://doi.org/10.1139/cjce-2018-0047>

Building Smart Spanish Chapter, E. (2014a). Estrategias de implantación de enseñanza BIM en estudios de postgrado. Experiencia en la Universidad Politécnica de Madrid. In *Spanish Journal of Building Information Modeling*, ISSN-e 2386-5784, N°. 16, 1, 2016 (Ejemplar dedicado a: La integración de BIM en los Programas de Grado y Postgrado), págs. 30-39.

Building Smart Spanish Chapter, E. (2014b). Estrategias de implantación de enseñanza BIM en estudios de postgrado. Experiencia en la Universidad Politécnica de Madrid. In

Spanish Journal of Building Information Modeling, ISSN-e 2386-5784, N°. 16, 1, 2016 (Ejemplar dedicado a: *La integración de BIM en los Programas de Grado y Postgrado*), págs. 30-39 (Issue 16, pp. 30–39). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5776223>

BuildingSMART. (2014). Guía de Usuarios BIM. In *Building Smart, Spanish Chapter*.

Companyà, C., Fonseca, D., Amo, D., Martí, N., & Peña, E. (2021). Mixed analysis of the flipped classroom in the concrete and steel structures subject in the context of covid-19 crisis outbreak. A pilot study. *Sustainability (Switzerland)*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/su13115826>

Cascante, I. L., & Martínez, J. J. P. (2018a). Collaborative bim teaching. per tradition and directed by architectural graphic expression. *EGA Revista de Expresion Grafica Arquitectonica*, 23(32), 76–86. <https://doi.org/10.4995/ega.2018.9077>

Cascante, I. L., & Martínez, J. J. P. (2018b). Collaborative bim teaching. per tradition and directed by architectural graphic expression. *EGA Revista de Expresion Grafica Arquitectonica*. <https://doi.org/10.4995/ega.2018.9077>

Cascante, Í. L., & Martínez, J. J. P. (2018). Docencia colaborativa en BIM. Desde la tradición y dirigida por la expresión gráfica arquitectónica. *EGA Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*. <https://doi.org/10.4995/ega.2018.9077>

Charef, R., Alaka, H., & Emmitt, S. (2018). Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views. *Journal of Building Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.04.028>

Chegu Badrinath, A., Chang, Y. T., & Hsieh, S. H. (2016). A review of tertiary BIM education for advanced engineering communication with visualization. In *Visualization in Engineering*. <https://doi.org/10.1186/s40327-016-0038-6>

Chen, K., Lu, W., Peng, Y., Rowlinson, S., & Huang, G. Q. (2015). Bridging BIM and building:

From a literature review to an integrated conceptual framework. *International Journal of Project Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.03.006>

Cheng, R. (2006). Suggestions for an integrative education in: American Institute of Architects Report on Integrated Practice. *Report on Integrated Practice*. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Suggestions+for+an+Integrative+Education#0%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Suggestions+for+an+integrative+education%230>

Chong, H. Y., Lee, C. Y., & Wang, X. (2017). A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. In *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.222>

Clevenger, C. M., Ozbeck, M. E., Glick, S., & Porter, D. (2010). Integrating BIM into construction management education. *EcoBuild Proceedings of the BIM-Related Academic Workshop*.

Cohen, L.; Lawrence, M.; Morrison, K. (n.d.). *Research Methods in Education, 8th ed.* T&F INDIA: London, UK, 2017.

Comiskey, D., McKane, M., Jaffrey, A., Wilson, P., & Mordue, S. (2017). An analysis of data sharing platforms in multidisciplinary education. *Architectural Engineering and Design Management*. <https://doi.org/10.1080/17452007.2017.1306483>

Concurso Pladur. (n.d.). <https://concursopladur.com/>

Cortés, Y. E. (2015). BIM: ¿Por qué?, ¿Para qué?, ¿Para quién? *Spanish Journal of BIM*, 14/01, 64–65. <http://www.buildingsmart.es/journal-sjbim/historial/>

Cos-Gallón López, F. (2016). Experiencia de la Implantación de Metodología BIM en Plan de estudios del Master Universitario de edificación de la Universidad Politécnica de Valencia. *ResearchGate*.

Crotty, R. (2013). The impact of building information modelling: Transforming construction. In *The Impact of Building Information Modelling: Transforming Construction*. <https://doi.org/10.4324/9780203836019>

Davis, D. L., Vassigh, S., Alhaffar, H., Elias, A. J., & Gallardo, G. (2018). Learning building sciences in virtual environments. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--30754>

De o a 3 ¿Qué son los niveles de madurez BIM? (n.d.). biblus.accasoftware.com

Del Solar, P., Andrés, S., Vivas, M. D., De la Peña, A., & Liébana, O. (2016). Uso BIM en proyectos de construcción en España. *Spanish Journal of Building Information Modeling*.

Denzer, A. S., & Hedges, K. E. (2008). From CAD to BIM: Educational strategies for the coming paradigm shift. *Proceedings of the AEI 2008 Conference - AEI 2008: Building Integration Solutions*. [https://doi.org/10.1061/41002\(328\)6](https://doi.org/10.1061/41002(328)6)

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. (2014).

Doan, D. T., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Zhang, T., Rehman, A. U., Tookey, J., & Ghaffarianhoseini, A. (2019). What is BIM? A Need for A Unique BIM Definition. *MATEC Web of Conferences*, 266, 5005. <https://doi.org/10.1051/mateccconf/201926605005>

Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., & McNiff, S. (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.001>

Felipe Choclán Gámez, Manuel Soler Severino, R. J. G. M. (n.d.). Introducción a la metodología BIM. *Building Smart, Spanish Chapter*. Nº 14.

Felipe Choclán Gámez, Manuel Soler Severino, R. J. G. M. (2014). INTRODUCCION A LA

- Fenández, J. R. (2016). *La gestión y calidad del proyecto BIM y su ciclo de vida*.
- Ferrandiz, J., Banawi, A., & Peña, E. (2018). Evaluating the benefits of introducing “BIM” based on Revit in construction courses, without changing the course schedule. *Universal Access in the Information Society*. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0558-4>
- Ferrandiz, J., Fonseca, D., & Banawi, A. (2016). Mixed method assessment for BIM implementation in the AEC curriculum. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9753, 213–222. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39483-1_20
- Fonseca, D., Cavalcanti, J., Peña, E., Valls, V., Sanchez-Sepúlveda, M., Moreira, F., Navarro, I., & Redondo, E. (2021). Mixed assessment of virtual serious games applied in architectural and urban design education. *Sensors*, 21(9). <https://doi.org/10.3390/s21093102>
- Fonseca, D., Conde, M. Á., & García-Peñalvo, F. J. (2018). Improving the information society skills: Is knowledge accessible for all? *Universal Access in the Information Society*, 17(2), 229–245. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0548-6>
- Fonseca, D., La Salle, M. P., Redondo, E., Alitany, A., & Sánchez, A. (2013). Combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas en el análisis de la implantación de nuevas tecnologías en el ámbito docente. *Cisti*, 1, 205–211.
- Fonseca, D., Martí, N., Redondo, E., Navarro, I., & Sánchez, A. (2014). Relationship between student profile, tool use, participation, and academic performance with the use of Augmented Reality technology for visualized architecture models. *Computers in Human Behavior*, 31(1), 434–445. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.03.006>
- Fonseca, D., Pifarre, M., Redondo, E., Alitany, A., & Sanchez, A. (2013). Combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas en el análisis de la implantación de nuevas tecnologías

en el ámbito docente: Uso de la Realidad Aumentada en la visualización del proyecto arquitectónico. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*.

Fonseca, D., & Redondo, E. (2013). Are the architecture students prepared for the use of mobile technology in the classroom? *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality - TEEM '13*, 481–487. <https://doi.org/10.1145/2536536.2536610>


Fonseca, D., Redondo, E., Valls, F., & Villagrasa, S. (2017). Technological adaptation of the student to the educational density of the course. A case study: 3D architectural visualization. *Computers in Human Behavior*, 72, 599–611. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.048>

Fonseca, D., Redondo, E., & Villagrasa, S. (2015). Mixed-methods research: a new approach to evaluating the motivation and satisfaction of university students using advanced visual technologies. *Universal Access in the Information Society*. <https://doi.org/10.1007/s10209-014-0361-4>

Fonseca, D., Valls, F., Redondo, E., & Villagrasa, S. (2016). Informal interactions in 3D education: Citizenship participation and assessment of virtual urban proposals. *Computers in Human Behavior*. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.032>

Fonseca, D., Villagrasa, S., Martí, N., Redondo, E., & Sánchez, A. (2013). Visualization Methods in Architecture Education Using 3D Virtual Models and Augmented Reality in Mobile and Social Networks. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93, 1337–1343. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.040>

Fonseca, D., Villagrasa, S., Navarro, I., Redondo, E., Valls, F., Llorca, J., Gómez-Zevallos, M., Ferrer, Á., & Calvo, X. (2017a). Student motivation assessment using and learning virtual and gamified urban environments. *ACM International Conference Proceeding Series, Part F1322*. <https://doi.org/10.1145/3144826.3145422>

-
- Fonseca, D., Villagrasa, S., Navarro, I., Redondo, E., Valls, F., & Sánchez, A. (2017b). Urban gamification in architecture education. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 571, 335–341. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56541-5_34
- Fridrich, J., & Kubečka, K. (2014). BIM – The Process of Modern Civil Engineering in Higher Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.134>
- Gámez, F. C., Sánchez, H., & Severino, M. J. S. (2018). Definición de roles y responsabilidades en el ciclo de vida del proyecto BIM en el proceso constructivo. *Spanish Journal of Building Information Modeling*, ISSN-E 2386-5784, 1, 14–24. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6756238>
- García Santos, A., Liébana, Ó., Alavedra, P., Cortés, J. P., Fuentes, B., Oliver, I., Otero, C., Raposo, J., Vázquez, J. A., Alonso, I., & Quiñones, R. (2017). *Mapa de la formación BIM en la universidad*.
- Gea, J. A. F. (2018). BIM* IMPLEMENTATION IN THE AEC* CURRICULUM A quasi-experimental case study of the Architectural Engineering (AE) Bachelor's degree at the United Arab Emirates University (UAEU). Universidad Politécnica de Cataluña.
- González-Ponce, E., Parra-Meroño, M. C., & Roldán, J. (2016). Las atribuciones profesionales del graduado en Ingeniería de Edificación frente a las del Arquitecto Técnico en España. *Revista de Educación Y Derecho*, 14, 1–20.
- Hailer, J. D., Cribbs, J., & Kline, A. (2019). Construction software technology education at California Polytechnic State University  San Luis Obispo. *Proceedings, Annual Conference - Canadian Society for Civil Engineering*.
- Hamma-adama, M. H., Kouider, T., & Salman, H. (2020). Analysis of Barriers and Drivers for BIM Adoption. *International Journal of BIM and Engineering Science*, 3(1), 18–41. <https://doi.org/10.54216/ijbes.030102>
-

- Helander, M. G., & Tham, M. P. (2003). Hedonomics - Affective human factors design. In *Ergonomics* (Vol. 46, Issues 13–14, pp. 1269–1272). <https://doi.org/10.1080/00140130310001610810>
- Hietanen, J., & Drogemuller, R. (2008). *Approaches to university level BIM education*. 24–28. <https://doi.org/10.2749/222137808796105982>
- Holland, P. W. (1986). Statistics and causal inference. *Journal of the American Statistical Association*, 81(396), 945–960. <https://doi.org/10.1080/01621459.1986.10478354>
- Jadhav, G. D., Kumthekar, M. B., & Magdum, J. S. (2017). Building Information Modeling (BIM) a New Approach towards Project Management. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 10(1), 143–148. http://www.ripublication.com/irph/ijert_spl17/ijertv10n1spl_24.pdf
- Jamali, H. R. (2018). Does research using qualitative methods (grounded theory, ethnography, and phenomenology) have more impact? *Library and Information Science Research*, 40(3–4), 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.lisr.2018.09.002>
- Jasiński, A. (2020). Impact of BIM implementation on architectural practice. *Architectural Engineering and Design Management*. <https://doi.org/10.1080/17452007.2020.1854651>
- Jernigan, F. E. (2007). *BIG BIM little bim*.
- Jesús Alfaro González; José Manuel Cañizares Montón; Jesús Ángel Martínez Carpintero; Pedro Enrique Pérez; David Valverde Cantero. (2016). Estrategia de implantación BIM en Grado en Ingeniería de Edificación. Experiencias y propuestas de la Escuela Politécnica de Cuenca. *Spanish Journal of Building Information Modeling*, ISSN-E 2386-5784, N.º. 16.
- Jin, R., Yang, T., Piroozfar, P., Kang, B. G., Wanatowski, D., Hancock, C. M., & Tang, L. (2018). Project-based pedagogy in interdisciplinary building design adopting BIM. *Engineering*,

Construction and Architectural Management. <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2017-0119>

Jin, R., Zou, P. X., Li, B., Piroozfar, P., & Painting, N. (2019). Comparisons of students' perceptions on BIM practice among Australia, China and UK. *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2018-0275>

José Manuel Zaragoza, M. M. (2021). *MANUAL DE IMPLANTACIÓN BIM. Una guía práctica para la creación de protocolos BIM con la ISO 19650 en Revit*.

Jurado Egea, J. (2016). Aprendizaje integrado en arquitectura con modelos virtuales: implementación de metodología BIM en la docencia universitaria. *E.T.S. Arquitectura (UPM)*.

Kassem, M., & Succar, B. (2017). Macro BIM adoption: Comparative market analysis. *Automation in Construction*, 81, 286–299. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.005>

Kensek, K. M. (2014). Building information modeling. In *Building Information Modeling*. <https://doi.org/10.4324/9781315797076>

Khemlani, L. (2012). Around the World with BIM. *AEC Bytes*.

Kocakaya, M. N., Namlı, E., & Işıkdağ, Ü. (2019). Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies Building Information Management (BIM), A New Approach to Project Management. *J Sustain. Construct. Mater. Technol*, 4(1), 323–332. www.eds.yildiz.edu.tr/jscmt

Kymmell, W. (2008a). Building Information Modeling :Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. In *Uma ética para quantos? Vol. XXXIII (Issue 2)*. http://www.americanbanker.com/issues/179_124/which-city-is-the-next-big-fintech-hub-new-york-stakes-its-claim-1068345-1.html<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161><http://cid.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/cid/cir991><http://www.scielo>

- Kymmell, W. (2008b). Building Information Modeling :Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. In *Uma ética para quantos?*
- Lassen, A. K., Hjelseth, E., & Tollnes, T. (2018). Enhancing learning outcomes by introducing bim in civil engineering studies – experiences from a university college in Norway. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. <https://doi.org/10.2495/SDP-V13-N1-62-72>
- Lee, A., Wu, S., Marshall-Ponting, A. J., Aouad, G., Cooper, R., Tah, J. H. M., Abbott, C., & Barrett, P. S. (2005). nD Modelling Roadmap: a vision for nD-enabled Construction. *Construct IT Centre of Excellence*, 108.
- Leite, F. (2016). Project-based learning in a building information modeling for construction management course. *Journal of Information Technology in Construction*.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>
- Liu, Z., Jiang, L., Osmani, M., & Demian, P. (2019). Building information management (BIM) and blockchain (BC) for sustainable building design information management framework. *Electronics (Switzerland)*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/electronics8070724>
- Livingston, C. (2008). From CAD to BIM: Constructing opportunities in architectural education. *Proceedings of the AEI 2008 Conference - AEI 2008: Building Integration Solutions*. [https://doi.org/10.1061/41002\(328\)5](https://doi.org/10.1061/41002(328)5)
- Luo, Y., & Wu, W. (2015). Sustainable Design with BIM Facilitation in Project-based Learning. *Procedia Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.519>

-
- Marcos, C. L. (2017). BIM implications in the design process and Project-Based learning: Comprehensive integration of BIM in architecture. In *WIT Transactions on the Built Environment* (Vol. 169, pp. 101–110). <https://doi.org/10.2495/BIM170111>
- Martín-Dorta, Norena; GonzálezdeChaves-Assef, Paula; Roldán-Méndez, M. (2014). Building information modeling (BIM): Una oportunidad para transformar la industria de la construcción. *Spanish Journal of Building Information Modeling, ISSN-E 2386-5784, N°. 14.*
- Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., & Contero, M. (2008). Development of a fast remedial course to improve the spatial abilities of engineering students. *Journal of Engineering Education, 97*(4), 505–513. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2008.tb00996.x>
- Martínez-Aires, M. D., López-Alonso, M., & Martínez-Rojas, M. (2018). Building information modeling and safety management: A systematic review. In *Safety Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.08.015>
- McDonagh, D. (2004). Design and emotion : the experience of everyday things. In *Design and emotion : The experience of everyday things*. <https://www.narcis.nl/publication/RecordID/oai:nyenrode.nl:379538>
- McGraw Hill Construction. (2014). The business value of BIM for construction in major global markets. In *SmartMarket Report*.
- McKim, C. A. (2017). The Value of Mixed Methods Research: A Mixed Methods Study. *Journal of Mixed Methods Research, 11*(2), 202–222. <https://doi.org/10.1177/1558689815607096>
- Mesaroš, P., Mandičak, T., Vukomanović, M., & Kolarić, S. (2018). Comparison of BIM Education Process in Construction Management Field at Technical University of Košice and University of Zagreb. *ICETA 2018 - 16th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications, Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ICETA.2018.8572281>
- Mills, J. E., & Treagust, D. (2003a). *Australasian journal of engineering education co-editors*.
-

Australasian Journal of Engineering Education, 4(June 2014), 1963.
<https://www.researchgate.net/publication/238670687%0D>

Mills, J. E., & Treagust, D. (2003b). of Engineering of Engineering. *Australasian Journal of Engineering Education*, 4(June 2014), 1963.
<https://www.researchgate.net/publication/238670687%0D>

Modeling, Model y Management: las tres M del BIM y el software adecuado. (n.d.).
<https://biblus.accasoftware.com/es/modeling-model-e-management-las-tres-m-del-bim-y-el-software-adecuado-para-tratarlas/>

Moher, D., Altman, D. G., Liberati, A., & Tetzlaff, J. (2011). PRISMA statement. In *Epidemiology*.
<https://doi.org/10.1097/EDE.ob013e3181fe7825>

Moreno Bazán, Á., García Alberti, M., Enfedaque Díaz, A., Arcos Álvarez, A., Picazo Iranzo, Á., & Gálvez Ruiz, J. (2018). Reflexiones sobre la incorporación de la metodología BIM en los estudios de ingeniería de caminos. *Libro de Actas | II Congreso Internacional de Innovación Educativa En Edificación (CINIE 2018) | 7-9 Marzo 2018 | Madrid*, 1–11.

Næss, P. (2020). Validating explanatory qualitative research: enhancing the interpretation of interviews in urban planning and transportation research. *Applied Mobilities*, 5(2), 186–205. <https://doi.org/10.1080/23800127.2018.1464814>

Namlı, E., Işıkdag, Ü., & Kocakaya, M. N. (2019). Building Information Management (BIM), A New Approach to Project Management. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 4(1), 323–332. <https://doi.org/10.29187/jscmt.2019.36>

Navarro, I., & Fonseca, D. (2017). Nuevas tecnologías de visualización para mejorar la representación de arquitectura en la educación. *Architecture, City and Environment*, 12(34), 219–238. <https://doi.org/10.5821/ace.12.34.5290>

Navarro Delgado, I. (2017). Nuevas tecnologías de visualización para la mejora de la

representación arquitectónica en educación. *TDX (Tesis Doctorals En Xarxa)*, 1–3. http://www.tdx.cat/handle/10803/403374%0Ahttps://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/664655/Tesi_David_Humberto_Abondano.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Navarro Delgado, I., & Fonseca Escudero, D. (2017). Nuevas tecnologías de visualización para mejorar la representación de arquitectura en la educación. *Architecture, City and Environment*, 12(34), 219–238. <https://doi.org/10.5821/ace.12.34.5290>

Nawari, N. O., Chichugova, T., Mansoor, S., & Delfin, L. (2014). BIM in structural design education. *Computing in Civil and Building Engineering - Proceedings of the 2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. <https://doi.org/10.1061/9780784413616.266>

NBIMS, Documents, P., NBIMS, buildingSMART alliance, NBIMS, National, T., Standard, B. I. M., States, U., States, N. B. I. M. S., Standard, N. B. I. M., States, U., Sciences, B., Highway, W., Reproduction, C., Documents, P., Cameron, B., National, T., Standard, B. I. M., States, U., ... buildingSMART alliance. (2015). National BIM Standard - United States ® Version 3 Introduction to Information Exchange Standards. *Bim-Us*. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(01\)82124-9](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(01)82124-9)

Nieto, E., Rico, F., Moyano, J. J., Díaz, P., & Antón, D. (2017). Implantación de metodología BIM en el Grado de Edificación. Modelo de taller-integrador en la asignatura de Expresión Gráfica de Tecnologías = Implementation of BIM methodology in the university Degree of Building. Model of workshop integrator in the subj. *Advances in Building Education*, 1(3), 37. <https://doi.org/10.20868/abe.2017.3.3668>

Norman, D., Miller, J., & Henderson, A. (1995). What you see, some of what's in the future, and how we go about doing it: HI at apple computer. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 2, 155.

Obrecht, T. P., Röck, M., Hoxha, E., & Passer, A. (2020). BIM and LCA integration: A systematic literature review. In *Sustainability (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/su12145534>

- Oliver Faubel, Inmaculada; Villoria, Paola; Fuentes-Giner, Begoña; Del Rio Merino, M. (2016). BIM en el grado de edificación: La experiencia de la Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid. *Spanish Journal of Building Information Modeling*.
- Olivier Faubel, I. (2015). *Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación*. Universitat Politècnica de València.
- Olugboyega, O., & Windapo, A. O. (2021). Structural equation model of the barriers to preliminary and sustained BIM adoption in a developing country. *Construction Innovation*. <https://doi.org/10.1108/CI-04-2021-0061>
- Oraee, M., Hosseini, M. R., Namini, S. B., & Merschbrock, C. (2017). Where the gaps lie: Ten years of research into collaboration on BIM-enabled construction projects. *Construction Economics and Building*. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v17i1.5270>
- Otey, J. M., Camba, J. D., & Danney, N. (2019). Rethinking computer-aided design in the civil engineering curriculum: Impact and lessons learned. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--33244>
- Ovelar Beltrán, R., Benito Gómez, M., & Romo Uriarte, J. (2012). Nativos digitales y aprendizaje. *Revista ICONO14. Revista Científica de Comunicación Y Tecnologías Emergentes*. <https://doi.org/10.7195/ri14.v7i1.332>
- Oya, T. (2015). *Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura : Un proyecto con REVIT*. Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Arquitectura - Escola Tècnica Superior d'Arquitectura.
- Palomera-Arias, R., & Liu, R. (2016). BIM laboratory exercises for a MEP systems course in a construction science and management program. *Journal of Information Technology in Construction*.

-
- Peña, E., Fonseca, D., & Martí, N. (2016). Relationship between learning indicators in the development and result of the building engineering degree final project. *ACM International Conference Proceeding Series*, 02-04-Nove, 335-340. <https://doi.org/10.1145/3012430.3012537>
- Peña Camarillas, E. (n.d.). *Estudio Analítico del Proyecto Final de Grado de Arquitectura Técnica y Edificación*. Ingeniería i Arquitectura La Salle. Universitat Ramon LLull.
- Pepe, V.-R., Dolores, O.-C., & Javier, E.-C. (2016). Incorporación de herramientas paramétricas para la generación y análisis del modelo virtual del edificio en la formación de los estudiantes de arquitectura. *Spanish Journal of Building Information Modeling*.
- Petchamé, J., Iriondo, I., Canaleta, X., Riu, D., & Necchi, S. (2021). Engaging ict engineering undergraduates in a management subject through first day of class activities: An empirical study. *Sustainability (Switzerland)*, 13(13). <https://doi.org/10.3390/su13137440>
- Pfeil, U., & Zaphiris, P. (2010). Applying qualitative content analysis to study online support communities. *Universal Access in the Information Society*, 9(1), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10209-009-0154-3>
- Polkinghorne, D. E. (1995). Narrative configuration in qualitative analysis. *International Journal of Qualitative Studies in Education*, 8(1), 5-23. <https://doi.org/10.1080/0951839950080103>
- Prensky, P. M. (2010). *Nativos e Inmigrantes Digitales*. Cuadrenos SEK 2.0.
- Purcell, P. (1980). Computer education in architecture. *CAD Computer Aided Design*. [https://doi.org/10.1016/0010-4485\(80\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0010-4485(80)90029-9)
- Redondo, E., Fonseca, D., Giménez, L., Santana, G., & Navarro, I. (2012). Alfabetización digital para la enseñanza de la arquitectura. Un estudio de caso. *Arquiteturarevista*, 8(1), 76-87. <https://doi.org/10.4013/arq.2012.81.08>

- Redondo, E., Fonseca, D., Valls, F., & Olivares, A. (2016). Enseñanza basada en dispositivos móviles. Nuevos retos en la docencia de la representación arquitectónica. Caso de estudio: Los Tianguis de Tonalá, Jalisco, México. *EGA. Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 21(27), 64. <https://doi.org/10.4995/ega.2016.4730>
- Reffat, R. (2007). Revitalizing architectural design studio teaching using ICT: Reflections on practical implementations. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology (IJEDICT)*, 3(1), 39–53.
- Romero, S., Aláez, M., Amo, D., & Fonseca, D. (2020). Systematic review of how engineering schools around the world are deploying the 2030 agenda. In *Sustainability (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/su12125035>
- Sacks, R., Radosavljevic, M., & Barak, R. (2010). Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. *Automation in Construction*, 19(5), 641–655. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.02.010>
- Sale, J. E. M., Lohfeld, L. H., & Brazil, K. (2002). Revisiting the quantitative-qualitative debate: Implications for mixed-methods research. *Quality and Quantity*, 36(1), 43–53. <https://doi.org/10.1023/A:1014301607592>
- Sanchez-Sepulveda, M., Fonseca, D., Franquesa, J., & Redondo, E. (2019). Virtual interactive innovations applied for digital urban transformations. Mixed approach. *Future Generation Computer Systems*, 91, 371–381. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.08.016>
- Sanchez-Sepulveda, M. V., Fonseca, D., Franquesa, J., Redondo, E., Moreira, F., Villagrasa, S., Peña, E., Martí, N., Canaleta, X., & Montero, J. A. (2019). Collaborative Design of Urban Spaces Uses: From the Citizen Idea to the Educational Virtual Development. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11568 LNCS, 253–269. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22636-7_18

-
- Sanchez-Sepulveda, M. V., Fonseca, D., García-Holgado, A., García-Peñalvo, F. J., Franquesa, J., Redondo, E., & Moreira, F. (2020). Evaluation of an interactive educational system in urban knowledge acquisition and representation based on students' profiles. *Expert Systems*, 37(5). <https://doi.org/10.1111/exsy.12570>
- Sanchez-Sepulveda, M. V., Torres-Kompen, R., Fonseca, D., & Franquesa-Sanchez, J. (2019). Methodologies of learning served by virtual reality: A case study in urban interventions. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(23). <https://doi.org/10.3390/app9235161>
- Sánchez, A., Gonzalez-Gaya, C., Zulueta, P., & Sampaio, Z. (2019a). Introduction of building information modeling in industrial engineering education: Students' perception. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(16). <https://doi.org/10.3390/app9163287>
- Sánchez, A., Gonzalez-Gaya, C., Zulueta, P., & Sampaio, Z. (2019b). Introduction of building information modeling in industrial engineering education: Students' perception. *Applied Sciences (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/app9163287>
- Sanchez, B., Ballinas-Gonzalez, R., Rodriguez-Paz, M. X., & Nolzco-Flores, J. A. (2020). Usage of building information modeling for sustainable development education. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2-35439>
- Sánchez Riera, A., Redondo, E., & Fonseca, D. (2015). Geo-located teaching using handheld augmented reality: good practices to improve the motivation and qualifications of architecture students. *Universal Access in the Information Society*, 14(3), 363–374. <https://doi.org/10.1007/s10209-014-0362-3>
- Sariyildiz, S., & Veer, P. Der. (1998). The role of ICT as a partner in Architectural Design Education. *Design Studio Teaching EAAE*, September. <http://papers.cumincad.org/data/works/att/e629.content.pdf>
- Seghezzi, Elena; Di Giuda, Giuseppe Martino; Paleari, Francesco; Pattini, G. (2019). *An innovative approach to building engineering and architecture BIM education* (E. 2019 (Ed.)).

- Shelbourn, M., Macdonald, J., McCuen, T., & Lee, S. (2017). Students' perceptions of BIM education in the higher education sector: A UK and US perspective. *Industry and Higher Education*. <https://doi.org/10.1177/0950422217725962>
- Simon, D., Fonseca, D., Necchi, S., Vanesa-Sánchez, M., & Companyà, C. (2019). Architecture and Building Engineering Educational Data Mining. Learning Analytics for detecting academic dropout. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760986>
- Sinoh, S. S., Othman, F., & Ibrahim, Z. (2018). Factors affecting success and difficulty to adopt Building Information Modelling (BIM) among construction firms in Sabah and Sarawak. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 431(8). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/431/8/082012>
- Smith, P. (2014). BIM implementation - Global strategies. *Procedia Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.575>
- Sotelino, E. D., Natividade, V., & Travassos do Carmo, C. S. (2020). Teaching BIM and Its Impact on Young Professionals. *Journal of Civil Engineering Education*. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ei.2643-9115.0000019](https://doi.org/10.1061/(asce)ei.2643-9115.0000019)
- Strukova, Z., Baškova, R., & Krajníková, K. (2018). Impact of Motivational and Training Activities on Awareness of Building Information Modeling. *ICETA 2018 - 16th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications, Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ICETA.2018.8572116>
- Succar, B., & Sher, W. (2014). A Competency Knowledge-Base for BIM Learning. *Australasian Journal of Construction Economics and Building - Conference Series*. <https://doi.org/10.5130/ajceb-cs.v2i2.3883>
- Swallow, M., & Zulu, S. (2019a). Benefits and barriers to the adoption of 4d modeling for site health and safety management. *Frontiers in Built Environment*.

<https://doi.org/10.3389/fbuil.2018.00086>

- Swallow, M., & Zulu, S. (2019b). Students' awareness and perception of the value of BIM and 4D for site health and safety management. *Journal of Engineering, Design and Technology*. <https://doi.org/10.1108/JEDT-07-2019-0174>
- Taylor, J. M., Liu, J., & Hein, M. F. (2008). Integration of Building Information Modeling into an ACCE Accredited Construction Management Curriculum. *Proceedings of the International 44th Annual Conference*, 1–10.
- Tinio, V. L. (n.d.). *ICT in Education*.
- Torner, J. (2009). *Desarrollo de Habilidades Espaciales en la docencia de la Ingeniería Gráfica*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Tse, T. C. K., Wong, K. D. A., & Wong, K. W. F. (2005). The utilisation of Building Information Models in nD modelling: A study of data interfacing and adoption barriers. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 10.
- Turkylmaz, E. (2016). An Example of Integrating BIM into Architectural Curriculum. *MEGARON / Yıldız Technical University, Faculty of Architecture E-Journal*. <https://doi.org/10.5505/megaron.2016.26121>
- Ullah, K., Lill, I., & Witt, E. (2019). An overview of BIM adoption in the construction industry: Benefits and barriers. In *Emerald Reach Proceedings Series* (Vol. 2, pp. 297–303). <https://doi.org/10.1108/S2516-285320190000002052>
- Valls, F., Redondo, E., Fonseca, D., Torres-Kompen, R., Villagrasa, S., & Martí, N. (2018). Urban data and urban design: A data mining approach to architecture education. *Telematics and Informatics*, 35(4), 1039–1052. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.09.015>
- Vigo, M., Aizpurua, A., Arrue, M., & Abascal, J. (2011). Quantitative assessment of mobile web guidelines conformance. *Universal Access in the Information Society*, 10(1), 33–49.

<https://doi.org/10.1007/s10209-010-0186-8>

Villagrasa, S., & Duran, J. (2013). Gamification for Learning 3D Computer Graphics Arts. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/2536536.2536602>

Vimonsatit, V., & Htut, T. (2016). Civil Engineering students' response to visualisation learning experience with building information model. *Australasian Journal of Engineering Education*. <https://doi.org/10.1080/22054952.2016.1258758>

Wang, L., Yan, X., Fan, B., Jin, R., Yang, T., & Kapogiannis, G. (2020). Incorporating BIM in the Final Semester Undergraduate Project of Construction Management — A Case Study in Fuzhou University. *KSCE Journal of Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s12205-020-1971-4>

Weber, D., & Hedges, K. E. (2008). From CAD to BIM: The engineering student perspective. *Proceedings of the AEI 2008 Conference - AEI 2008: Building Integration Solutions*. [https://doi.org/10.1061/41002\(328\)7](https://doi.org/10.1061/41002(328)7)

Yusuf, B. Y., Ali, K. N., & Embi, M. R. (2016). Building Information Modeling as a Process of Systemic Changes for Collaborative Education in Higher Institution. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.072>

Zakharova, G. B., Krivonogov, A. I., Kruglikov, S. V., & Petunin, A. A. (2020). Energy-efficient technologies in the educational programs of the architectural higher education schools. *Acta Polytechnica Hungarica*. <https://doi.org/10.12700/APH.17.8.2020.8.9>

Zelles, R. (2014). *European Parliament Directive to Spur BIM Adoption in 28 EU Countries*. Autodesk News. http://inthe fold.autodesk.com/in_the_fold/2014/01/european-parliament-directive-to-spur-bim-adoption-in-28-eu-countries.html

Zhang, J., Zhao, C., Wang, J., Li, H., & Huijser, H. (2020). Evaluation framework for an interdisciplinary bim capstone course in highway engineering. *International Journal of Engineering Education*.

Zieliński, R., & Wójtowicz, M. (2019). BIM maturity levels in teaching the design process. *World Transactions on Engineering and Technology Education*.