



TESIS DOCTORAL

**“Implantación de la tecnología BIM en la asignatura
Proyectos de los Grados de Ingenierías Industriales de la
Universidad de Extremadura. Estudio de competencias
genéricas”**

ANA PALOMA PRIETO MURIEL

DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA

Conformidad del Director:

Fdo.: Antonio Manuel Reyes Rodríguez

AÑO 2017

AGRADECIMIENTOS

A Sergio, Paula y Darío

por los muchos momentos que no hemos compartido

Me parece increíble poder estar escribiendo por fin estas líneas, pues significa que finalmente esta tesis verá la luz. Ha sido un camino de mucho trabajo y esfuerzo, que llega a su fin. Por ello quiero dedicar unas líneas a las personas que de una forma más o menos explícita han formado parte de mi vida, durante el transcurso de esta investigación.

En primer lugar y como parte fundamental de este trabajo quisiera agradecer a mi director de tesis, Mané, su tenacidad y paciencia, pero sobre todo el entusiasmo que me ha transmitido durante todo este tiempo en cada una de las fases por las que hemos pasado. Después de cada tutoría, me venía cargada de energía positiva. Gracias Mané.

Quiero mostrar mi gratitud a los alumnos de 4º curso de los Grados de Ingenierías Industriales de las promociones 2014/15 y 2015/16, por la gran colaboración recibida e interés en la realización de las encuestas. Sin su colaboración este estudio no habría sido posible.

No me gustaría dejar pasar la oportunidad de poder agradecer a mis amigas Belén y Esmeralda, el cariño y comprensión que me han mostrado durante todo este tiempo. A Juan Pedro, compañero de fatigas, que me ha orientado y tranquilizado en la recta final de este proceso. Y a Dani por el diseño de la portada, además de compartir algunos momentos divertidos.

Mi agradecimiento más especial es para Sergio, sin él no lo hubiera conseguido. Ha sido la persona con la que he compartido todo este sacrificio y que me ha ayudado a mantenerme a flote en los momentos más difíciles. Gracias por confiar en mí y por tener siempre una frase de aliento. Gracias por enseñarme que con esfuerzo y dedicación se puede conseguir todo en la vida. Gracias por tu apoyo sincero e incondicional. Gracias por aportarme serenidad en nuestro día a día. Gracias sin medida.

Gracias a mi familia y a todas aquellas personas que en algún momento pensaron que lo conseguiría.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE	9
ÍNDICE DE TABLAS	12
ÍNDICE DE GRÁFICOS	15
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	18
SUMARIO	19
SUMMARY	22
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	27
1.1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN	28
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA, NECESIDAD Y JUSTIFICACIÓN	29
1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS	31
1.3.1. Preguntas de investigación	31
1.3.2. Objetivos principales	31
1.3.3. Objetivos secundarios	32
1.4. NOVEDADES DE LA INVESTIGACIÓN	32
1.5. ESTRUCTURA DE LA TESIS	33
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES	37
2.1. DEL USO DE LAS TIC EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	38
2.1.1. Evolución temporal	40
2.1.2. Principales beneficios del uso de las TIC	46
2.1.3. Situación actual del sector	49
2.1.4. Características sistémicas de la industria AEC	57
2.1.5. Dificultades para la adaptación a la era digital	63
2.1.6. Sector industrial vs sector AEC	65
2.1.7. Digitalización del sector de la construcción	67
2.2. DE BIM Y SU IMPLANTACIÓN EN LA INDUSTRIA AEC	70

2.2.1. Necesidad de cambio-----	72
2.2.2. Metodología actual de trabajo. Uso de CAD-----	74
2.2.3. Habilidades exigidas y deseadas por el sector AEC a los recién titulados-----	80
2.2.4. BIM una metodología en auge-----	83
2.2.5. Normativa existente en referencia a BIM-----	127
2.3. DEL USO DE LAS TIC EN LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA-----	139
2.3.1. Desarrollo de habilidades en el EEES-----	143
2.3.2. Nativos digitales-----	144
2.3.3. Medios tecnológicos que se emplean en las enseñanzas universitarias-----	147
2.3.4. Potencial de las TIC en el entorno docente y sus beneficios-----	148
2.4. DE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE-----	151
2.4.1. Formación actual-----	160
2.4.2. Competencias-----	163
2.4.3. Necesidades para la implantación de BIM-----	172
2.5. DE LA IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS BIM EN LA UNIVERSIDAD	176
2.5.1. Introducción de CAD en las aulas-----	177
2.5.2. Implantación de BIM en los estudios universitarios-----	178
2.5.3. Beneficios para la integración de BIM-----	192
2.5.4. Barreras para la integración de BIM-----	194
2.5.5. Curva de aprendizaje, dificultad de aprendizaje-----	199
2.5.6. Currículum para la docencia-----	201
2.5.7. Integración de BIM en las distintas asignaturas-----	208
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA Y PLANTEAMIENTO PROPUESTO-----	213
3.1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO-----	215
3.2. FUENTES DE DATOS-----	221
3.2.1. Datos secundarios-----	221
3.2.2. Datos primarios-----	222
3.3. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS-----	222
3.3.1. Revisión bibliográfica-----	222

3.3.2. Tipos de variable y codificación -----	236
3.3.3. La encuesta -----	237
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE DATOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ---	255
4.1. RESULTADOS GENERALES -----	256
4.2. ANÁLISIS DE VARIABLES CATEGÓRICAS ANTES DE LA FORMACIÓN BIM -----	260
4.3. ANÁLISIS DE VARIABLES CATEGÓRICAS DESPUÉS DE LA FORMACIÓN BIM -----	271
4.4. ANÁLISIS DE LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS -----	285
4.5. ANÁLISIS DE LA ADQUISICIÓN DE HABILIDADES -----	299
4.6. ANÁLISIS CUALITATIVO DEL ESTUDIO -----	306
4.7. ANÁLISIS DE LAS RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES -----	310
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN -----	324
5.1 CONCLUSIONES GENERALES -----	326
5.2 CIRCUNSTANCIA ACTUAL DE LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA -----	327
5.3 OPORTUNIDAD ACTUAL DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN -----	328
5.4 LOGRO DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS -----	328
5.5. RESULTADOS DEL ESTUDIO. CONCLUSIONES -----	330
5.6. IMPLICACIONES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS DE ESTE ESTUDIO -----	335
5.7. EVALUACIÓN DE LA VALIDEZ Y FIABILIDAD DEL ESTUDIO -----	337
5.8. INVESTIGACIÓN FUTURA -----	338
5.9. LIMITACIONES DE ESTE ESTUDIO -----	340
ANEXOS -----	342
ANEXO A. BIBLIOGRAFÍA -----	343
ANEXO B. PÁGINAS WEB CONSULTADAS -----	362
ANEXO C. CUESTIONARIOS -----	364
ANEXO D. GLOSARIO -----	379

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. USO DE LAS TIC EN FASES DE PROYECTO -----	48
TABLA 2. RESUMEN DE LOS FACTORES QUE AFECTAN A LA PRODUCTIVIDAD. ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DISTINTOS AUTORES-----	54
TABLA 3. RESUMEN DE LA DISTINTAS INTERPRETACIONES DE BIM [129] -----	89
TABLA 4. RESUMEN DE LOS USOS E INFORMACIÓN CONTENIDA EN LOS LOD. -----	100
TABLA 5. RELACIÓN LOD/D BIM/MODELO TRADICIONAL. INTERPRETACIÓN DE LA CORRESPONDENCIA ENTRE FASES. FUENTE: [81]-----	101
TABLA 6. USOS DE BIM EN CADA FASE DEL PROYECTO. FUENTE: ADAPTADO DE HTTP://BIM.PSU.EDU/USES/ -----	109
TABLA 7. USO DE BIM SEGÚN LOS PARTICIPANTES EN EL PROYECTO. FUENTE [128] -----	110
TABLA 8. METODOLOGÍA CAD VS BIM. ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE [79]-----	123
TABLA 9. NORMATIVA BIM INTERNACIONAL. FUENTE: VARIOS AUTORES-----	129
TABLA 10. ADOPCIÓN BIM INTERNACIONAL. FUENTE[163] -----	138
TABLA 11. USO DE LAS TICs SEGÚN MODALIDADES ORGANIZATIVOS [194] -----	148
TABLA 12. TABLA RESUMEN TENDENCIAS, DESAFÍOS Y TECNOLOGÍAS. ELABORADO A PARTIR DEL INFORME HORIZON 2016-----	150
TABLA 13. RELACIÓN OBJETIVOS TAXONOMÍA DE BLOOM Y ACTIVIDADES PIRÁMIDE APRENDIZAJE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE [198] Y [201]-----	158
TABLA 14. MÉTODOS DE ENSEÑANZA. FUENTE: M DE MIGUEL DÍAZ [204]-----	162
TABLA 15. LISTA NO EXHAUSTIVA DE LAS DEFINICIONES DE COMPETENCIAS [209] -----	166
TABLA 16. APRENDIZAJE CENTRADO EN EL ESTUDIANTE VS APRENDIZAJE CONVENCIONAL. FUENTE: R.CANNON, Z. KAPELIS AND D. NEWBLE (2001)[211]-----	171
TABLA 17. PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA IMPLANTACIÓN DE BIM EN LOS ESTUDIOS UNIVERSITARIOS. ELABORACIÓN PROPIA -----	194
TABLA 18. PRINCIPALES DESAFÍOS PARA LA IMPLANTACIÓN BIM EN LA UNIVERSIDAD. FUENTE:[120]-----	197
TABLA 19. TIPOS DE OBSTÁCULOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE BIM EN LA UNIVERSIDAD. FUENTE: [212]-----	198

TABLA 20. TAXONOMÍA DE BLOOM, MODELO SAMR, MODELO IMAC Y NIVEL DE CONOCIMIENTO BIM -----	206
TABLA 21. RESUMEN NIVELES, CONTENIDOS Y METODOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE BIM ---	207
TABLA 22. COMPETENCIAS GENÉRICAS COMUNES -----	225
TABLA 23. INFORMACIÓN DE LOS CASOS SELECCIONADOS -----	226
TABLA 24. MENCIONES POSITIVAS Y NEGATIVAS PARA CADA COMPETENCIA BÁSICA -----	231
TABLA 25. ORDENACIÓN COMPETENCIAS POTENCIADAS POR BIM -----	236
TABLA 26. VALORACIÓN EXPERTOS-----	242
TABLA 27. TAMAÑO MUESTRAL -----	248
TABLA 28. ALUMNOS PARTICIPANTES DE CADA ESPECIALIDAD -----	249
TABLA 29. RESULTADOS DEL COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH -----	252
TABLA 30. GÉNERO DE LOS PARTICIPANTES -----	258
TABLA 31. EDAD DE LOS PARTICIPANTES-----	259
TABLA 32. ESPECIALIDAD DE LOS PARTICIPANTES-----	260
TABLA 33. APLICACIONES INFORMÁTICAS -----	261
TABLA 34. USO DE CAD 2D -----	262
TABLA 35. USO CAD 3D -----	264
TABLA 36. ¿HA ESCUCHADO HABLAR DE BIM? -----	266
TABLA 37. CONOCIMIENTOS BIM -----	267
TABLA 38. GRADO DIFICULTAD APRENDIZAJE REVIT-----	272
TABLA 39. HORAS DEDICADAS AL APRENDIZAJE DEL SOFTWARE -----	273
TABLA 40. BENEFICIOS QUE APORTA EL APRENDIZAJE DE BIM-----	282
TABLA 41. DEFINICIÓN Y DESIGNACIÓN DE COMPETENCIAS -----	285
TABLA 42. VALORACIÓN DE LA ADQUISICIÓN DE LAS COMPETENCIAS DURANTE LA FORMACIÓN -----	290
TABLA 43. TABLA DE CONTINGENCIA CURSO ACADÉMICO-G_01-----	291
TABLA 44. VALORACIÓN DE LA ADQUISICIÓN DE LAS COMPETENCIAS DESPUÉS DE LA FORMACIÓN BIM -----	292
TABLA 45. TABLA DE CONTINGENCIA CURSO ACADÉMICO-G-14. DESPUÉS-----	294
TABLA 46. ORDENACIÓN COMPETENCIAS SEGÚN EXPERTOS -----	296
TABLA 47. ORDENACIÓN DE COMPETENCIAS SEGÚN LA BIBLIOGRAFÍA-----	299
TABLA 48. HABILIDADES ANTES -----	300

TABLA 49. TABLA DE CONTINGENCIA CURSO ACADÉMICO VS HIA-01. ANTES -----	301
TABLA 50. HABILIDADES DESPUÉS-----	302
TABLA 51. INFLUENCIA DE BIM EN LA ADQUISICIÓN DE HABILIDADES -----	304
TABLA 52. VALORACIÓN EXPERTO -----	305
TABLA 54. COMPARATIVA ASIGNATURA ANTES Y DESPUÉS DE USAR BIM -----	336

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. COMPARACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN (BASADO EN VARIOS ÍNDICES) FRENTE A LA PRODUCTIVIDAD DE LAS INDUSTRIAS NO AGRÍCOLAS. FUENTE: [20].....	52
GRÁFICO 2. ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD EN EU-28). INDEX: 100= 2000 EU-28. FUENTE: OECD PRODUCTIVITY STATISTICS, MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE)	52
GRÁFICO 3. PRODUCCIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN. FUENTE: EUROSTAT [40]	57
GRÁFICO 4. TASA DE VARIACIÓN DEL GASTO EN INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	62
GRÁFICO 5. EVOLUCIÓN DEL USO DE CAD EN EUROPA. FUENTE: ARCH-VISION, 2011 Y 2013	77
GRÁFICO 6. RESUMEN VENTAJAS USO DE BIM. ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE VARIOS AUTORES.....	104
GRÁFICO 7. RESUMEN BARRERAS PARA EL USO DE BIM. ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE VARIOS AUTORES.....	105
GRÁFICO 8. PRINCIPALES USOS DE BIM.....	107
GRÁFICO 9. LA HOJA DE RUTA DE LA ESTRATEGIA NACIONAL EN ESPAÑA	116
GRÁFICO 10. BÚSQUEDA TÉRMINO BIM ESPAÑA VS MUNDO. ELABORACIÓN PROPIA.....	117
GRÁFICO 11. OFERTAS DE EMPLEO LINKEDIN. SACKS, R., PIKAS, E.[121] Y ELABORACIÓN PROPIA	118
GRÁFICO 12. PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN BIM VS CAD EN REINO UNIDO/EE.UU. BIM.	119
GRÁFICO 13. EVOLUCIÓN DEL DESCONOCIMIENTO BIM EN VARIOS PAÍSES.	121
GRÁFICO 14. EVOLUCIÓN DE LA CONCIENCIA DE BIM EN REINO UNIDO.	121
GRÁFICO 15. PORCENTAJE DE USUARIOS BIM CON MÁS DE TRES AÑOS DE EXPERIENCIA.].	124
GRÁFICO 16.TIPO DE FORMACIÓN BIM	190
GRÁFICO 17. UNIVERSIDADES CON FORMACIÓN BIM. FUENTE:[242]	192
GRÁFICO 18. SUCESIÓN DE CURVAS SIGMOIDEAS DEL APRENDIZAJE BIM DEL ESTUDIANTE.	200
GRÁFICO 19. CALIFICACIONES ALUMNOS	257
GRÁFICO 20. GÉNERO DE LOS PARTICIPANTES	258

GRÁFICO 21. EDAD DE LOS PARTICIPANTES.....	259
GRÁFICO 22. ESPECIALIDAD DE LOS PARTICIPANTES	260
GRÁFICO 23. APLICACIONES INFORMÁTICAS DURANTE LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA	262
GRÁFICO 24. FORMACIÓN CAD 2D	263
GRÁFICO 25. SOFTWARE CAD 2D	263
GRÁFICO 26. USO DE CAD 3D	264
GRÁFICO 27. TIPO DE FORMACIÓN CAD 3D	265
GRÁFICO 28. SOFTWARE CAD 3D	265
GRÁFICO 29. ¿HA ESCUCHADO HABLAR DE BIM?	266
GRÁFICO 30. TIPO DE FORMACIÓN BIM.....	268
GRÁFICO 31. SOFTWARE BIM EMPLEADO	268
GRÁFICO 32. EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA UNIVERSITARIA.....	269
GRÁFICO 33. SATISFACCIÓN FORMACIÓN TIC	269
GRÁFICO 34. UNIVERSIDAD REZAGADA	270
GRÁFICO 35. PREDISPOSICIÓN A APRENDER NUEVOS SOFTWARE	271
GRÁFICO 36. GRADO DE DIFICULTAD APRENDIZAJE REVIT.....	272
GRÁFICO 37. HORAS DEDICADAS AL APRENDIZAJE DEL SOFTWARE	273
GRÁFICO 38. RECURSOS EMPLEADOS EN EL APRENDIZAJE DE REVIT	274
GRÁFICO 39. NECESIDAD DE INCORPORAR BIM	274
GRÁFICO 40. CURSO EN EL QUE SE DEBERÍA INCLUIR BIM	275
GRÁFICO 41. BIM FACILITA EL TRABAJO COLABORATIVO Y MULTIDISCIPLINAR	276
GRÁFICO 42. UTILIDAD EN OTRAS ASIGNATURAS	277
GRÁFICO 43. BIM FACILITA LA COMPRESIÓN DE LA ASIGNATURA	277
GRÁFICO 44. ESTRUCTURA DE LA ASIGNATURA.....	278
GRÁFICO 45. MOTIVACIÓN DE LOS ALUMNOS	279
GRÁFICO 46. EXPECTATIVAS DE RESULTADOS	279
GRÁFICO 47. SATISFACCIÓN CON EL PLANTEAMIENTO DE LA ASIGNATURA	280
GRÁFICO 48. SIMILITUD CON LA REALIDAD PROFESIONAL	281
GRÁFICO 49. EXPLICACIONES DEL PROFESOR	281
GRÁFICO 50. BENEFICIOS QUE APORTA EL APRENDIZAJE DE BIM.....	283
GRÁFICO 51. BARRERAS PARA IMPLANTAR BIM EN LA UNIVERSIDAD	284
GRÁFICO 52. USO DE LAS NTIC EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA	284

GRÁFICO 53. ORDENACIÓN COMPETENCIAS SEGÚN EL VALOR MEDIO ANTES	290
GRÁFICO 54. ORDENACIÓN COMPETENCIAS SEGÚN EL VALOR MEDIO DESPUÉS	293
GRÁFICO 55. COMPARATIVA COMPETENCIAS ANTES Y DESPUÉS	295
GRÁFICO 56. COMPARATIVA GENERAL DE LA INFLUENCIA DE BIM EN LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS.....	298
GRÁFICO 57. ORDENACIÓN HABILIDADES SEGÚN LA VALORACIÓN DE LOS ALUMNOS	301
GRÁFICO 58. VALOR MEDIO DE LA INFLUENCIA DE BIM SOBRE LAS HABILIDADES.....	303
GRÁFICO 59. INFLUENCIA DE BIM EN LAS HABILIDADES	304
GRÁFICO 60. COMPARATIVA GENERAL HABILIDADES.....	306
GRÁFICO 61. WORDCLOUD, DE LOS PROS INDICADOS POR LOS ALUMNOS SOBRE EL NUEVO PLANTEAMIENTO DE LA ASIGNATURA	308
GRÁFICO 62. WORDCLOUD, DE LOS CONTRAS INDICADOS POR LOS ALUMNOS SOBRE EL NUEVO PLANTEAMIENTO DE LA ASIGNATURA	309
GRÁFICO 63. WORDCLOUD, DE LA OPINIÓN GENERAL DE LA EXPERIENCIA.....	310

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. FLUJO DE INFORMACIÓN EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.	61
ILUSTRACIÓN 2. DIFERENTES POSIBILIDADES QUE OFRECE EL MANEJO DE UN PROYECTO DENTRO DE UNA PLATAFORMA BIM.	70
ILUSTRACIÓN 3. VISIÓN GLOBAL DE LA ADOPCIÓN BIM.	137
ILUSTRACIÓN 4. GESTIÓN DOCENCIA CENTRADA EN EL PROFESOR Y EN EL ESTUDIANTE.	153
ILUSTRACIÓN 5. DIRECCIÓN IDEAL DEL PENSAMIENTO SEGÚN LA TAXONOMÍA DE BLOOM. ANECA 2013	156
ILUSTRACIÓN 6. PIRÁMIDE INVERTIDA DEL APRENDIZAJE. TASA DE RETENCIÓN MEDIA.	158
ILUSTRACIÓN 7. TRADUCCIÓN MODELO SAMR.	160
ILUSTRACIÓN 8. ETAPAS DEL MARCO CONCEPTUAL IMAC.	206
ILUSTRACIÓN 9. PROCESO DE INVESTIGACIÓN.	215
ILUSTRACIÓN 10. ESQUEMA CUESTIONARIO	241
ILUSTRACIÓN 11. SALIDA DE RESULTADOS EN R DEL COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH	245
ILUSTRACIÓN 12. EXTRACTO CÁLCULO COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH ANTES DE LA FORMACIÓN.	253

Sumario

Este trabajo de investigación versa sobre la actual metodología de trabajo BIM (building information modeling) y su empleo, cada día más extendido, en la industria de la construcción.

Se define BIM; de sus siglas en inglés, modelado de la información de la construcción, como una metodología de trabajo, en la que todos los actores que intervienen en el desarrollo de un proyecto, desde su redacción pasando por la construcción y finalmente el mantenimiento del mismo, cuentan con la misma información que se almacena en una base de datos, y que se actualiza de manera automática en cualquier modificación que se produzca. Por tanto, todos los participantes de la construcción poseen información coherente sobre el proyecto.

Debido al uso cada vez más extendido, incluso aquí en España, se define el concepto de DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO. La necesidad de que esto ocurra, principalmente se basa en los resultados de numerosos estudios en los que se constata la baja productividad del sector a diferencia de otros sectores en los que ya se han integrado medios informáticos y se han empezado a emplear nuevas metodologías de trabajo acorde con las nuevas necesidades de la industria.

Este es uno de los objetivos del estudio, análisis de los factores que influyen en la productividad del sector.

El principal objetivo de esta investigación recae sobre la necesidad implantación de la metodología BIM en los estudios universitarios. Para ello se van a analizar una serie de estudios realizados en distintos países en los que ya se han hecho estas prácticas y han reflejado los resultados de estas prácticas. Así pues se seleccionan una serie de competencias básicas que son requeridas a los futuros profesionales y se analiza cómo BIM favorece la adquisición de competencias básicas por parte de los alumnos. También se hará, fundamentado en la bibliografía existente la forma en la que se está enseñando BIM en distintas universidades, a nivel internacional.

Se ha llevado a cabo una prueba piloto, con los alumnos de 3º de Ingeniería Industrial, tres especialidades, para el desarrollo de la asignatura obligatoria de Proyectos, en la Universidad de Extremadura. Esta experimentación ha sido pionera en España, esperando que las conclusiones que aquí se muestren resulten interesantes para avanzar en el desarrollo de la formación BIM de los alumnos.

La metodología empleada para conseguir los objetivos marcados consiste por un lado en un análisis bibliográfico lo suficientemente amplio y en la obtención de resultados a partir de encuestas realizadas, realizando para ello un análisis estadístico descriptivo.

Por último, se realiza una síntesis de las conclusiones obtenidas por la investigación, sin bien se encontrarán más desarrolladas en los apartados correspondientes. Además, se incluyen algunas líneas futuras de investigación

Debido a que el proceso de desarrollo de un proyecto de construcción no puede constar de tareas individualizadas e individuales, es necesario el cambio de metodologías con las que se lleva a cabo. En la actualidad se cuenta con herramientas que permiten integrar todas las disciplinas que

intervienen en el proceso, tomando como piedra angular la base de datos (modelos de datos representados) en las que se fundamenta BIM.

Palabras clave: BIM, competencias, enseñanza universitaria, sector AEC

Summary

This research focuses on the current BIM (building information modeling) methodology and its increasingly widespread use in the construction industry.

BIM, Construction information modeling, is defined as a working methodology, in which all the actors involved in the development of a project, from its writing through construction and finally the maintenance of the project, count With the same information that is stored in a database, and that is updated automatically in any modification that occurs. Therefore, all participants in the construction have coherent information about the project.

Due to the increasingly widespread use, even here in Spain, the concept of DIGITALIZATION OF THE CONSTRUCTION PROCESS is defined. The need for this to happen is mainly based on the results of numerous studies which show

the low productivity of the sector as opposed to other sectors in which computerized means have already been integrated and new work methodologies have been started According to the new needs of the industry. This is one of the objectives of the study, analysis of the factors that influence the productivity of the sector.

The main objective of this research rests on the need to implement the BIM methodology in university studies. To this end, a series of studies will be analyzed in different countries where these practices have already been done and have reflected the results of these practices. This way, a series of basic competences that are required to the future professionals is selected and it is analyzed how BIM favors the acquisition of basic competences by the students. It will also be done, based on the existing bibliography the way in which BIM is being taught in different universities, at international level.

A pilot test has been carried out, with the students of 3rd Industrial Engineering, three specialties, for the development of the compulsory subject of Projects, at the University of Extremadura. This experimentation has been pioneering in Spain, hoping that the conclusions that are shown here are interesting to advance in the development of the BIM training of the students.

The methodology used to achieve the marked objectives consists on the one hand of a sufficiently large bibliographical analysis and the obtaining of results from surveys carried out, by means of a descriptive statistical analysis. Finally, a synthesis of the conclusions obtained by the research is made, although they will be more developed in the corresponding sections. In addition, some future lines of research.

Because the process of developing a construction project cannot consist of individualized and individual tasks, it is necessary to change the methodologies with which it is carried out. At present, tools are available to

integrate all the disciplines involved in the process, taking as a cornerstone the database (data models represented) on which BIM is based.

Key words: BIM, skills, University education, industry AEC



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

En la actual era digital los cambios se producen de manera masiva y continuada, principalmente debido a los avances tecnológicos que se suceden de manera vertiginosa. En este sentido el sector de la construcción ha ofrecido gran resistencia a actualizarse e integrar nuevas herramientas informáticas y metodologías de trabajo. Las cuales no solo facilitan las tareas que se han de llevar a cabo, sino que también ayudan a mejorar la comunicación y la productividad del sector.

Uno de los principales hándicap del sector es la baja formación tecnológica de los profesionales que forman parte del mismo. En este aspecto, la universidad cuenta con un papel principal en la formación de los futuros profesionales. En la mayor parte de las universidades, los alumnos siguen siendo instruidos mediante metodologías demasiado tradicionales quedándose obsoletas para las exigencias reales del mercado y la sociedad.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA, NECESIDAD Y JUSTIFICACIÓN

Se detecta una necesidad, fundamentada en la baja productividad del sector, de empezar a usar nuevas metodologías de trabajo y de herramientas tecnológicas que faciliten la gestión de la información como es BIM.

Esto a su vez, nos lleva a pensar en la formación universitaria que reciben los profesionales futuros que liderarán la industria. Detectando un déficit de formación tecnológica.

Llegando al planteamiento del problema, puede servir BIM a la docencia universitaria? y a definir cuáles son las competencias que potencia BIM?

Se detecta una doble necesidad. Por un lado, la industria de la construcción cuenta con una disminución de la productividad en los últimos 40 años, período en el que se incluye el comienzo del uso del ordenador. En este sentido, se plantea en este trabajo los beneficios y ventajas que BIM aporta al sector de la construcción. Esta nueva metodología de trabajo está tomando gran impulso en el sector a nivel internacional. Contando con EE.UU, Reino Unido y Países Nórdicos a la cabeza en el uso de BIM.

Por el otro, y como causa del problema de la industria es la formación de los profesionales. Que llegan a los puestos de trabajo, sin tener conciencia de las principales herramientas informáticas que deben emplear. Y con carencias en algunas de las competencias básicas que más se necesitan para el desarrollo profesional de la industria AEC. Estas competencias son: trabajo en equipo e interdisciplinar, liderazgo y comunicación....

En las aulas de hoy en días, los alumnos que se forman en las distintas disciplinas cuentan con una gran afinidad por la tecnología. Cualquier tarea que realizan es a través de algún medio tecnológico, se han modificado las formas en que se relacionan

La justificación de este trabajo se fundamenta en la gran demanda de profesionales con conocimientos BIM que la industria está requiriendo para el desarrollo de las actividades propias del sector. Con lo cual se ha empezado a enseñar en las principales universidades

No existe un estudio que relacione la enseñanza BIM con la adquisición de competencias de los alumnos, con el cual basarse para realizar un plan de estudios que contemple las competencias.

Una de las principales características de la industria AEC es la atomización de la misma y por tanto, la falta de integración de todos los actores del proceso constructivo. De manera muy generalizada, las disciplinas que forman parte del proceso constructivo trabajan de forma individualizada. En pocas ocasiones se tiene en cuenta el resto de disciplinas, el trabajo interdisciplinario es fundamental para mejorar la productividad del sector.

Detectada la necesidad de la industria de profesionales formados en BIM y en otras competencias, se ha comenzado a enseñar esta tecnología en algunas universidades de otros países que cuentan con mayor integración de BIM en la industria AEC. Se justifica este trabajo para comprobar la validez de BIM como herramienta didáctica. Para ello se analizan las competencias que potencia el uso de BIM en la enseñanza de los futuros profesionales

Se está produciendo una lenta pero ineludible transformación en la enseñanza debido a las TIC. A través de la difusión de nuevas experiencias docentes

Por un lado los estudiantes están viviendo una realidad en la sociedad digital en la que viven completamente dinámicas, en la que los cambios se suceden de manera muy rápida y ellos los van asimilando, adaptándose al medio. Sin embargo, están siendo educados con metodologías y conocimientos completamente estáticos tendentes a quedarse, en muchas ocasiones obsoletos con gran rapidez. Y carentes de interactividad y participación. La enseñanza basada en la memorización se desarrolló en otra época y con otros

medios, los que existían en aquel momento. Así hoy en día se disponen de recursos digitales que no se están aprovechando para mejorar la enseñanza en aras de mejorar el conocimiento adquirido por estos nuevos alumnos.

1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS

1.3.1. Preguntas de investigación

- ¿Por qué no se enseña en los estudios universitarios de Ingeniería y Arquitectura metodología BIM?
- ¿Por qué es necesario para el sector AEC, que los nuevos egresados tengan estos conocimientos?
- ¿Cuáles son los beneficios que los estudiantes de estas carreras obtendrían al adquirir estos conocimientos?

1.3.2. Objetivos principales

- Demostrar que el uso docente de la tecnología BIM (herramienta y metodología) favorece la adquisición de competencias básicas de los alumnos, mediante un estudio piloto.
- Apoyar la utilidad de BIM en la enseñanza universitaria mediante un estudio piloto
- Examinar las ventajas y desventajas de la implantación de la metodología BIM en los estudios universitarios
- Análisis de la implantación de la metodología BIM en los estudios Universitarios AEC
- Determinación de las competencias que BIM ayuda a obtener

1.3.3. Objetivos secundarios

- Evaluación de los conocimientos adquiridos
- Evaluación de las habilidades adquiridas
- Valoración de la integración de BIM en distintas asignaturas
- Valorar, evaluar o analizar mediante revisión bibliográfica los beneficios de incluir la enseñanza de la metodología BIM en los planes de estudio. Exponer/recoger, los beneficios que BIM supone BIM en la docencia
- Analizar cómo se ha incluido en planes de estudios de universidades en otros países. Recomendaciones
- Percepción de miembros del sector de la construcción hacia las nuevas tecnologías, en concreto hacia BIM, en España-> mediante la encuesta
- Analizar las nuevas tendencias en el sector de la construcción - DIGITALIZACIÓN
- Análisis de las nuevas tendencias en la enseñanza mediante la inclusión de las TIC's
- Integrar la tecnología BIM en la enseñanza currículo de los programas educativos relacionados con la construcción
- Dar a conocer los resultados de la investigación

1.4. NOVEDADES DE LA INVESTIGACIÓN

Mucho se ha escrito sobre BIM, tanto como metodología de trabajo en el ámbito laboral como herramienta tecnológica en la enseñanza oportuna. En referencia a la docencia aún no está claro cuál es la mejor forma de enseñar BIM, ni si realmente es válida como herramienta didáctica. Motivados por el potencial que las nuevas tecnologías pueden ofrecer en la docencia y en particular por las características de la tecnología BIM, se lleva a cabo este estudio en el que se validará BIM como herramienta docente en base a las

competencias que ayuda a adquirir. Y cuáles son estas competencias, comparadas con las necesidades/exigencias por la industria.

A partir de este estudio se pueden fundamentar los cambios pertinentes en los planes de estudio incluyendo BIM y a sabiendas de los aportes que ésta tecnología aplicada de manera adecuada puede ofrecer.

1.5. ESTRUCTURA DE LA TESIS

Dos áreas principales se pueden diferenciar en la investigación, por un lado las necesidades de la industria de la construcción en lo que gestión de la información se refiere y por ende a productividad del mismo. Y como consecuencia de éste, me llevo a pensar, qué conocimientos tecnológicos se están enseñando en las universidades de nuestros días.

La estructura que hemos seguido para el desarrollo de esta investigación es la siguiente.

Se ha analizado las carencias del sector y se ha detectado la necesidad de cambio. La propia industria ha comenzado el camino de cambio mediante el empleo de nuevas metodologías de trabajo que mejoren la productividad, entre las que destacan y abarca todo el ciclo de vida de la construcción es BIM.

Además de analizar las competencias exigidas por el sector que se corresponden con la realidad profesional.

Vistas las carencias del sector nos ha llevado a la formación que están recibiendo actualmente los futuros profesionales de la industria AEC. La cual dista mucho de los que en verdad se necesita para el desarrollo de la actividad laboral. En universidades de algunos países, ya se está empezando a enseñar BIM, como ya se ha comentado. Pero no hay ningún estudio que relacione el uso de BIM con las competencias básicas que deben adquirir los

alumnos. Así pues esto nos lleva a analizar las competencias básicas en que son formados los discentes y en cuales puede beneficiar el uso de BIM.

Y en un tercer bloque lo que hacemos es relacionar comprobar la relación del aprendizaje de BIM con las competencias que puede ayudar a adquirir, mediante un estudio piloto.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

2.1. DEL USO DE LAS TIC EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Según la COMISIÓN ESPECIAL DE ESTUDIO PARA EL DESARROLLO DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN (2003) [1], se define la sociedad del conocimiento como: "un estadio de desarrollo social caracterizado por la capacidad de sus miembros (ciudadanos, empresas y Administraciones públicas) para obtener, compartir y procesar cualquier información por medios telemáticos instantáneamente, desde cualquier lugar y en la forma que se prefiera"

Así la característica más notable que diferencia la era digital de otras épocas es la invasión de información, es esa disponibilidad de encontrar cualquier información, dónde y cuando sea necesaria, lo que la hace distinta. Un concepto que aparece y es inseparable de esta era son las NTIC/TIC¹ (nuevas

¹ NTIC/TIC – Se conoce así a las Nuevas /Tecnologías de la Información y la Comunicación (según sus siglas), y va intrínsecamente asociado con el concepto de tecnología informática. Se puede

tecnologías/ tecnologías de la información y comunicación). Las TIC son esencialmente instrumentos que facilitan el acceso a la información, además posibilitan el almacenaje, clasificación y distribución de la información de una manera sencilla y universal [2].

El concepto de TIC, al igual que todo en esta era, no es estático, va cambiando a medida que va evolucionando y se van desarrollando nuevos dispositivos, software, tecnología o bien mejorando los existentes. Un claro ejemplo lo constituyen las tablets o los smartphome, que hasta hace no muchos años no se habían ni inventado, considerándolos hoy en día como indispensables para el desarrollo de muchas de las actividades cotidianas.

Según [3] "desde mediados de los 90, la literatura pone de manifiesto que las inversiones en TIC contribuyen al crecimiento de la productividad. Hay que tener en cuenta que los niveles de inversión en estas tecnologías son aún bajos en muchas empresas españolas y que el elevado peso de actividades tradicionales o de bajo valor añadido puede dificultar la adopción de las TIC," como ocurre en particular con el sector de la construcción.

La construcción se ha mantenido en sus métodos de trabajo artesanales y organización gremial y ha ido perdiendo peso frente al resto de la industria manufacturera en términos de productividad, calidad y, por tanto, valor añadido y monetario. La construcción apenas ha innovado (Winch, 2003 citado en [4]). Esta falta de innovación repercute en el uso ineficaz de las TIC, lo que lleva a grandes problemas de comunicación entre los profesionales durante la realización de proyectos de construcción, siendo esta de vital importancia [5].

Al igual que con muchos sectores industriales, el potencial de calidad y las ganancias de productividad a través de soporte de TI se ha reconocido, sin embargo, una adopción más generalizada de tecnologías colaborativas sigue

entender como el conjunto de recursos, procedimientos y técnicas usadas en el procesamiento, almacenamiento y transmisión de información de forma digitalizada.

siendo un proceso lento en comparación con otros sectores como lo demuestra [6] [7] [8] [9].

Tradicionalmente en comparación con otras industrias de productos de ingeniería tales como el aeroespacial y de automoción, se dice que el sector de la construcción se ha quedado rezagado en la adopción de sistemas integrados para el diseño y producción de sus productos [10]. La principal entre las razones enumeradas para este letargo es la relativa a la estructura altamente fragmentada de la industria, y a la singularidad de cada producto [11], que conduce a dificultades en la comunicación, coordinación y normalización [9].

2.1.1. Evolución temporal

Mucho han evolucionado los software, hardware, aplicaciones y cualquier dispositivo relacionado con la tecnología en la historia de las TIC. Esto también se ha visto reflejado en el sector, aunque de manera más sutil, en la forma en que se proyecta y se obtiene la documentación.

A continuación se presenta un resumen de las TIC existentes y cómo han evolucionado en las distintas décadas. Se hace referencia a su influencia en la industria AEC.

➤ AÑOS 60

Características: La tecnología se basa en grandes ordenadores. Software y Hardware extremadamente caros. Se emplean para informatizar procesos aislados. Tecnología compleja que requiere de personal especializado. Despegue de los medios de comunicación de masas como la radio y la televisión.

TIC: Televisor, radio, teléfono, fax

Internet: En el año 1969, se creó una red de comunicación de uso militar que servirá para crear internet tal y como la conocemos hoy.

Sector de la construcción: todavía no se vislumbraba en esta época ningún efecto tecnológico

➤ AÑOS 70

Características: Mayor potencia de cálculo a menor precio. Disminuye el tamaño de los ordenadores. Comienza su desarrollo las telecomunicaciones. En 1979, aparece el primer móvil, que tenía precio muy elevado

TIC: teléfono, fax, aparecen los PC², pero con poca difusión todavía

Internet: En Octubre de 1972 se organizó una gran y exitosa demostración de la ARPANET en la Conferencia Internacional de Comunicación de Computadores (ICCC). Esta constituyó la primera demostración pública de la tecnología de redes. Apareció el correo electrónico, que no se popularizará hasta años después.

Sector de la construcción: todavía no se encuentra afectado por los avances tecnológicos.

➤ AÑOS 80

Características: Los microordenadores se implantan de forma masiva. Ordenadores personales se generalizan de manera rápida. Nace la informática doméstica y personal. Todavía con elevado coste.

Se desarrollaron varios sistemas de telefonía móvil. En 1985 aparece Microsoft Windows, versión 1.0, pero logró poca popularidad.

Fusión de la computación y comunicaciones, dando origen a la hoy conocida era digital y la denominación NTIC.

TIC: Televisión, Teléfono, PC, Móviles de 1ª G, cd³

² PC, personal computer. Ordenadores personales

Internet: A partir de la década de los 80 comienza su divulgación social

Sector de la construcción: aparece por primera vez en 1982, con precio asequible, CAD de sus siglas en inglés "Computer Aided Design" (diseño asistido por ordenador). En 1988, llega a nuestro país la primera versión AutoCAD. Se emplea para dibujar de manera digital, principalmente en 2D, aunque también permite representaciones geométricas en 3D.

Hasta este momento en que aparecieron los software de diseño, el uso de los ordenadores en el sector era casi nulo. Por un lado, debido al elevado coste y por otro, debido al desconocimiento total de su uso por la gran parte de profesionales. Es a partir de aquí que algunos precursores comienzan a utilizar estas herramientas. Al principio muchos fueron los esfuerzos y pocos los resultados. El desconocimiento, la dificultad de uso y la incertidumbre que genera su empleo entre los colegas de profesión es muy grande, lo que lleva a que su uso sea restringido.

AutoCAD, el rey del diseño en España desde 1988⁴ pero su reconocimiento a nivel mundial es indudable, como veremos en el apartado correspondiente.

En 1982 aparece el primer software BIM llamado Archicad. Con poca aceptación por parte de los profesionales del sector.

➤ AÑOS 90

Características: La informática doméstica y personal es un hecho con gran peso económico. A partir de esta década la capacidad de almacenamientos de los ordenadores y su velocidad de procesamiento crece de manera exponencial. Además disminuye su precio. Se digitalizan las comunicaciones. Se universaliza el estándar de telefonía móvil GSM.

³ CD, compact disc. Disco compacto

⁴ <http://blog.construmatica.com/autocad-el-rey-del-diseno-en-espana-desde-1988/>

Se lanza Windows versión 3.0, fue la primera versión de Microsoft Windows que consiguió un amplio éxito comercial. Sin embargo fue en 1995, con el lanzamiento de Windows 95 que obtuvo gran éxito en el mercado y en breve se convirtió en el sistema operativo de Escritorio más popular⁵.

Los avances de las telecomunicaciones con la aparición de Internet en forma masiva, junto con la diversificación de los recursos de transmisión inalámbrica (radio y TV) pasando a contar con medios como satélite y cable, fibra óptica, etc; dando fuerza a medios como las redes informáticas.

TIC: Televisión, portátiles, Móviles 2ª Generación, comenzaron a popularizarse los dvd, memoria usb (fue inventada a finales de los '90).

Internet: Expansión muy rápida a partir de mediados de los años 90. El surgimiento de la World Wide Web⁶ ayudó bastante a su difusión. A partir de mediados de esta década se abre a todo el mundo. Se ha convertido en un nuevo y revolucionario medio de comunicación a escala mundial.

Sector de la construcción: En 1995 aparece la 1ª versión de AutoCAD para Windows. En 1997, aparece AutoCAD R14 que introdujo cambios notorios, mejor calidad y productividad, pero sobre todo es que era más fácil de aprender. Así consiguió mucho adeptos, incluso apareciendo versiones posteriores

Es a partir de los '90 cuando, coincidiendo con la aparición de Windows que la difusión del uso de ordenadores empieza a extenderse. Y con ella aparecen versiones de las aplicaciones CAD muy mejoradas respecto a la usabilidad. A partir de este momento empieza a ser necesario tener conocimientos sobre AutoCAD. En esta época finaliza también, la era MS-DOS. Los detractores del CAD tenían la idea firme de que no se podía reproducir fielmente el dibujo en papel, además de considerar los planos con CAD como poco expresivos [12]

En 1993, se crea la version de Archicad para Windows.

⁵ Consultado en: https://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Windows

⁶ World Wide Web, [www. Red informática mundial](http://www.Red_informática_mundial)

➤ AÑOS 2000

Características: Comienza la tecnología inalámbrica (WIFI, Bluetooth). Desarrollo muy rápido de la tecnología móvil, nace la 3ª generación de móviles. Más ligeros y con más prestaciones. Comercio electrónico comienza a tener importancia. Emergen nuevos modos de comunicación.

La aparición del concepto WEB 2.0 abre la posibilidad de creación de contenidos Web al alcance de todos.

TIC: Televisión, portátiles, smartphone, tablets, wikis, blogs, redes sociales, web 2.0

Internet: Irrupción y difusión de la WEB 2.0. Es sobre todo interacción, herramientas que facilitan el diálogo y la colaboración entre iguales. Boom de las redes sociales.

Sector de la construcción: A partir de este momento, año 2000, cada vez más profesionales comenzarán a emplear herramientas CAD para la producción de la documentación necesaria en los proyectos. Es con la versión AutoCAD 2000, que este software adquiere más popularidad. Fue importante la creación del formato .dwg, con esta versión.

El uso de las herramientas analógicas es cada vez menor, el motivo principal es la rapidez con la que se puede hacer el mismo trabajo empleando medios informáticos. Hay que incidir en que en este momento se produce un gran cambio en la industria, pero sólo de herramientas. Relegando a un segundo plano la escuadra y el cartabón para la generación de la documentación gráfica de los proyectos. Sin embargo, en ningún momento se modifica la metodología de trabajo en el sector, la transmisión de información y la concordancia de datos debe hacerse de manera manual.

El aumento de la velocidad, almacenamiento de la información y facilidad para realizar modificaciones son algunas de las principales ventajas que ofrece el uso de CAD

En 2002, se comercializa la primera versión de Revit.

➤ AÑOS 2010

Características: 4ª generación de móviles. Hiperconectividad, uso extensivo de redes sociales. La situación actual es que tanto la sociedad como los sectores profesionales y educativos se encuentran inmersos en un proceso de adaptación a la inercia tecnológica. La evolución y el desarrollo está íntimamente ligado a la informática y el uso de las TIC. Erradicación de las herramientas analógicas en casi todos los ámbitos de la vida.

TIC: Televisión, portátiles, smartphone, tablets, cloud computing

Internet: Uso imprescindible y gran expansión. Se emplea de una manera continuada, en cualquier tarea, en cualquier momento, es omnipresente. En un informe realizado en 2013, más del 98% de las empresas (de todos los sectores, no sólo del sector de la construcción) españolas valora el acceso a internet como una herramienta fundamental para su negocio [13]

Sector de la construcción: CAD es mundialmente conocido y ampliamente utilizado en el sector de la construcción. Debido a que la herramienta era tan rentable que en 20 años han desaparecido prácticamente los rotring de cualquier despacho profesional de arquitectura"[12]

El uso de las herramientas CAD se hace imprescindible para el desarrollo de proyectos de construcción en poco tiempo. Llegando al momento actual en el que se sigue haciendo un uso extensivo de la misma.

El uso de los ordenadores y las aplicaciones gráficas empleadas ha ido evolucionando a lo largo de todos estos años, y han hecho posible la creación de edificios con geometrías cada vez más complejas.

El uso de BIM empieza a hacerse hueco en la industria, debido a los beneficios que ofrece como nueva metodología de trabajo y a la necesidad de evolución que tiene el sector, como se verá en el apartado correspondiente.

Al igual que ha ocurrido con la sociedad en general que ha integrado totalmente el uso del móvil, en cualquier actividad cotidiana, debe ocurrir con los profesionales que forman parte de este sector un tanto artesanal. A medida que aumente el nivel tecnológico de los profesionales que la forman.

Si bien la migración al uso de CAD en el sector se ha dilatado en el tiempo durante casi 20 años, su uso desde 2005, es generalizado para la redacción de los documentos del proyecto.

La imagen 1 puede servir como resumen gráfico de la rapidísima evolución tecnológica sufrida en unos pocos años.

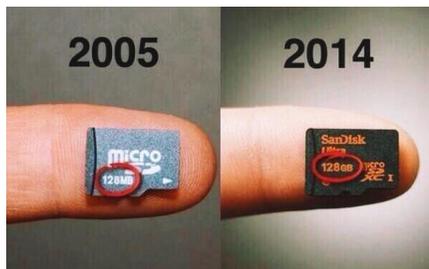


Imagen 1. Evolución tecnológica. Fuente: [14]

2.1.2. Principales beneficios del uso de las TIC

La distinción que marca la era digital desde sus inicios, es la facilidad de acceso a cualquier tipo de información. Está todo tan inundado de datos que nos encontramos sobreinformados. Así para poder hacer un buen uso de la información es necesario emplear herramientas tecnológicas que nos posibiliten su gestión y discriminación.

Las TIC principalmente han influido en la rapidez con la que se puede transmitir la información, esto es en la comunicación tanto personal como empresarial como entre organizaciones. Posibilitando transmisión de la información de cualquier índole incluso en tiempo real. La dificultad que

entrañaba la consulta de información, requería que los profesionales memorizaran abundantes datos que hoy día se puede consultar en cuestión de segundos. Mediante cualquier dispositivo.

Las TIC permiten proporcionar de manera rápida gran cantidad de información por medio de las redes de comunicaciones existentes. Además aportan una serie de beneficios entre los que destacan:

- Facilidad de acceso a una inmensa fuente de información
- Procesamiento rápido y fiable de los datos
- Facilidad para una comunicación inmediata, en tiempo real. Esto es comunicación sincrónica⁷. Pero a la vez también permite una comunicación asincrónica⁸
- Proporciona capacidad de almacenamiento
- Automatización de trabajos
- Interactividad
- Digitalización de toda la información

En el sector de la construcción, al igual que en cualquier ámbito, personal, social, político, etc., también es necesario integrar estas herramientas. La información en el desarrollo de un proyecto de construcción es vasta y variada (muchas disciplinas). Así se hace muy necesario herramientas que integren todos esos datos de forma coherente y a todos los participantes que intervienen en la realización del mismo. Las NTIC introducen oportunidades para mejorar la comunicación y eficacia de muchos de los procesos de construcción en cada fase del proyecto [15]. Es más el uso adecuado de las TIC afecta al éxito del proyecto [16] y permite el diseño de estructuras

⁷ Comunicación sincrónica, es el intercambio de información por Internet en tiempo real. es aquel tipo de comunicación que se da entre personas y que está mediatizada por ordenadores.

⁸ Comunicación asincrónica, es aquella comunicación que se establece entre personas de manera diferida en el tiempo, es decir, cuando no existe coincidencia temporal.

complejas que no podrían haber sido construidas o hubieran sido demasiado caras sin la ayuda de la informática, debido al control que se puede tener sobre los datos [17]. Se considera que la tecnología ha evolucionado lo suficiente como para ofrecer soluciones adaptadas a la industria [9].

Se ha resumido en la tabla 1, las fases correspondientes al desarrollo de un proyecto y los software empleados en cada una de ellas

Tabla 1. Uso de las TIC en Fases de proyecto

FASES	DESCRIPCIÓN	SOFTWARE	TIC
Diseño	Desarrollo preliminar del proyecto. Se esboza la forma geométrica de la construcción.	AutoCAD,	Ordenador, móvil
Proyecto básico	Describe la concepción general del edificio o construcción	AutoCAD, Word, Excel, Presto, Arquímedes, CypeCAD	Ordenador, móvil, internet
Proyecto de ejecución	conjunto de planos, dibujos, esquemas y textos explicativos (Memoria y Presupuesto general) utilizados para definir adecuadamente el edificio	AutoCAD, Word, Excel, Presto, Arquímedes, CypeCAD	Ordenador, móvil, internet
Ejecución de obra	Materialización del proyecto	AutoCAD, Word, Excel, Presto, Arquímedes,	Ordenador, móvil, internet, tablet, cámara

		CypeCAD	digital, medidor láser
As built	Proyecto construido	AutoCAD,	Ordenador
Mantenimiento		AutoCAD,	Ordenador, móvil, internet

Según Davis, 1989 citado en [18], la percepción de utilidad que se tenga de la tecnología y la facilidad de uso de la misma son factores determinantes para su adecuada adopción.

2.1.3. Situación actual del sector

El sector de la construcción es considerado como uno de los sectores más importantes de la economía de un país representa el 9% del PIB mundial y el 7% del total de la población activa mundial [19].

Y sin embargo, es uno de los sectores con índice de productividad más bajo, sin tener en cuenta la industria agrícola y ganadera [20].

Los medios tecnológicos se han ido incorporando en la sociedad, revolucionando su día a día, obligándola a adaptarse a los continuos cambios que ha ido imponiendo su desarrollo. De manera generalizada las herramientas digitales se han ido integrando en casi todos los sectores. Esto ha llevado al desarrollo de nuevas metodologías de trabajo que mejoren la productividad y la eficiencia, mediante el empleo de las TIC.

Las TIC juegan un papel fundamental para la mejora de la comunicación y gestión de la información entre las distintas disciplinas que interviene en el proceso constructivo. En la práctica los proyectos de construcción se

enfrentan a problemas serios, tales como: exceso de presupuesto, retraso y disminución de la calidad. Es evidente que la falta de comunicación y coordinación entre los actores involucrados en las diferentes fases de un proyecto de construcción es una de las razones más importantes detrás de estos problemas [21]. Por tanto, el uso adecuado de las nuevas tecnologías es ya insoslayable.

El sector de la construcción a diferencia de otras industrias, es extremadamente lento para abrazar y aprovechar la tecnología de la información disponible [22] [9] [8][6] [7]. Como consecuencia de ésta falta de integración de las TIC en el sector de la construcción, se producen dificultades en la comunicación, coordinación y normalización [9]

La integración de las TIC en el sector y un adecuado uso de las mismas reducen el tiempo de procesamiento de datos, facilita la comunicación y transmisión de la información y aumenta la productividad en general. Tal como muestran varios estudios el aumento de la productividad se ha incrementado en paralelo con el aumento del uso de las TIC [23].

Desde la redacción del proyecto, pasando por la ejecución de la obra y posterior mantenimiento, las actividades se realizan de manera casi artesanal, en el que la mano de obra es fundamental. Algunos autores afirman que se aferran a los viejos modelos de negocio y procesos desde hace décadas [18]. Actualmente existen herramientas de última generación que favorecen y facilitan las tareas que deben llevarse a cabo durante el desarrollo del proyecto constructivo.

En la era de la información y la comunicación, el empleo adecuado de las TIC para mejorar el sector, es condición imprescindible y se considera necesaria una alfabetización digital de los integrantes de la industria AEC. La falta de conocimiento de las herramientas limita su uso y su potencial, reduciendo así el alcance y rendimiento que pueden ofrecer en cada campo de actuación.

Importantes pérdidas se acumulan en el sector de la construcción debido a la falta de interoperabilidad entre los distintos sectores y profesiones que intervienen en ella [24].

Nos encontramos pues con un sector con baja productividad, con uso de metodologías de trabajo arcaicas y una necesidad de actualización a la era digital, esto es *Digitalizar el proceso constructivo*.

Productividad decreciente

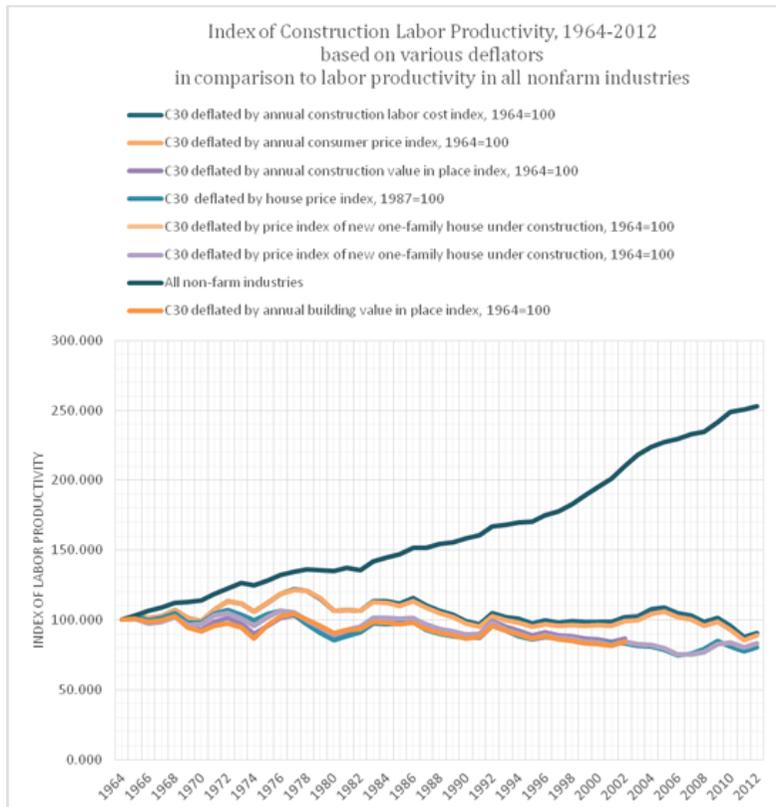
En 1987 el profesor Solow [25] afirmó que “La era de los ordenadores puede verse en todas partes salvo en las estadísticas de productividad”, lo que es conocido como "La paradoja de la productividad". Esta paradoja se reflejado de manera evidente en el sector de la construcción.

En el sector de la construcción al igual que en muchos sectores industriales, se ha reconocido el potencial de calidad y las ganancias de productividad a través del soporte de las TI [26]. Muchos estudios han obtenido como conclusión que las tecnologías de la información y comunicación tienen un papel muy importante en el crecimiento de la productividad [27], [3], [23]

Uno de los principales indicadores del estado del sector es la productividad. En 1994 y 1998, Latham y Egan respectivamente destacaron que la industria sufría de baja productividad y de ineficiencia [28] [29]. Después de veinte años, muchos estudios se han realizado a este respecto, existiendo un consenso generalizado sobre la baja productividad que impera en el sector de la construcción y que continua cayendo año tras año [4]. Y que la industria de la construcción es extremadamente ineficiente en comparación con otras industrias [24]. Tal y como se puede apreciar en los gráficos 1 y 2. El gráfico 1, es de un estudio realizado por Teichloz en 2013. En él se muestra cómo la

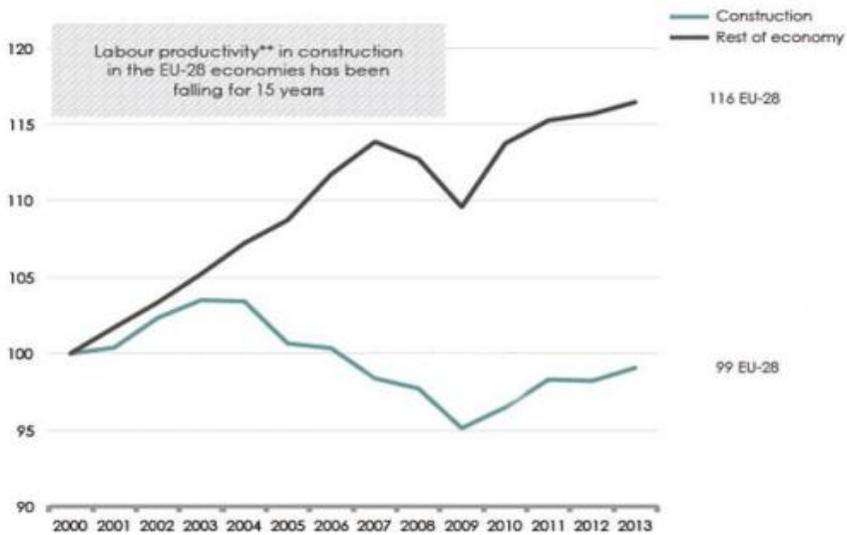
productividad en el sector de la construcción ha descendido en el período 1964-2012, durante casi 50 años.

Gráfico 1. Comparación de la productividad en el sector de la construcción (basado en varios índices) frente a la productividad de las industrias no agrícolas. Fuente: [20]



El Gráfico 2, igualmente muestra el decrecimiento de la productividad del sector de la construcción en el período de 2000-2013, en comparación con el resto de industrias. En este segundo gráfico se muestra para la unión europea.

Gráfico 2. Índice de productividad en EU-28). Index: 100= 2000 EU-28. Fuente: OECD Productivity Statistics, McKinsey Global Institute)



Aunque el uso de las TIC no garantiza el éxito, carecer de ellas, sobre todo en algunos sectores, impide mejorar la productividad [30]. Además para ser realmente efectivas, las políticas de fomento del uso de las TIC deben ir acompañadas de mejoras en la organización empresarial y de cambios en las prácticas laborales [31]. Un problema importante es la falta de comprensión de cómo aplicar en la práctica las TIC en una organización de la construcción. Esto puede conducir a una implementación insuficiente de las TIC o retraso por todos los usuarios dentro de una organización de la construcción [15].

A continuación se resumen algunas de las causas principales de esta baja productividad obtenidas de la revisión bibliográfica. En la tabla 2, aparece una clasificación por tipo de factores y el efecto que causa en los objetivos de calidad, tiempo y presupuesto que debe alcanzar con éxito cualquier proyecto de construcción.

Tabla 2. Resumen de los factores que afectan a la productividad. Elaboración propia a partir de distintos autores

Tipo	Factores	Efecto	Referencia
Humano	los trabajos defectuosos	Calidad	[32]
	la no disponibilidad de equipos	Tiempo, Coste	[32]
	la escasa colaboración entre los miembros del equipo	Calidad, Tiempo y coste	[20]
	la falta de cualificación de la mano de obra	Calidad	[32]
	procesos de producción intensivos en mano de obra	Tiempo y coste	[33]
Documental	Disponibilidad de planos, errores en los planos, lenta respuesta a las cuestiones de los planos y la legibilidad de estos	Calidad, Tiempo y coste	[34], [35], [36]
	las indefiniciones de proyecto	Tiempo	[32]
	mala utilización de los datos	Calidad y coste	[20]
	las modificaciones del proyecto en fase de ejecución	Tiempo y coste	[32]
	Información transmitida en el proyecto	Calidad y coste	[4]
Metodológico	Falta de integración del diseño y la construcción	Calidad , tiempo y coste	[20]

	la no disponibilidad de materiales	Tiempo y coste	[32]
	La supremacía del sistema de contratación Diseño-Licitación-Construcción	Calidad, Tiempo y coste	[37]
	El alto porcentaje de PYMES que participan en el proceso constructivo	Tiempo y coste	[37]
	Mala coordinación entre las empresas y profesionales participantes en el proceso constructivo	Calidad, Tiempo y coste	[4]
	Baja estandarización de procesos y productos	Tiempo y calidad	[33]
Tecnológico	baja adopción de las TIC's en el sector comparado con otros sectores industriales	Calidad, tiempo y coste	[37]
	dificultades en la introducción del progreso técnico	Calidad, tiempo y coste	[33]
	Dificultad para implementar nuevas tecnologías. Baja inversión en I+D	Calidad, tiempo y coste	[37]

Según [38] indican que existe un consenso general en la literatura referida al sector de la construcción, que muestra que el desarrollo de competencias y la formación son factores importantes para mejorar el rendimiento de la productividad. La adquisición de competencias digitales por parte de los profesionales que intervienen durante el desarrollo de un proyecto es imprescindible en estos días.

Hay que tener en cuenta que los niveles de inversión en estas tecnologías son aún bajos en muchas empresas españolas y que el elevado peso de actividades tradicionales o de bajo valor añadido puede dificultar la adopción de las TIC [3]. En comparación con otras economías de la OCDE⁹, España tiene una proporción baja de inversión en TIC [23]. En concreto en el sector de la construcción, aparece en el último informe epyme 2014 [39], que analiza el estado de las TIC en las empresas nacionales. Ofrece el siguiente dato:

"La formación en Tecnologías de la Información y la Comunicación es otra de las asignaturas pendientes del sector de la construcción. El porcentaje de pymes y grandes empresas que proporcionan formación en TIC a sus empleados ha crecido un 1,9%, registrando un 15,5%. Sin embargo en el ámbito de las microempresas, este porcentaje baja hasta el 1,9%, sin apenas variación respecto a 2013"

Según datos de Eurostat: "Hasta finales de 2006 la producción en el sector de la construcción en Europa había aumentado de manera constante; pero con la llegada de la crisis económica y financiera comenzó a disminuir de manera espectacular. Entre la primavera de 2008 y principios de 2013, el nivel de la construcción total en la UE-28 ha presentado un decrecimiento más o menos constante (a parte de un breve repunte en el verano de 2010). En total, el índice perdió más de 30 puntos porcentuales durante el año siguiente (entre abril de 2013 y abril de 2014) producción de la construcción se recuperó un poco, pero sólo alcanzó un nivel de alrededor del 80% del pico previo a la crisis. Desde entonces, la producción de la construcción se ha mantenido

⁹ OCDE, organización para la cooperación y el desarrollo económicos

relativamente estable (Gráfico 3). El desarrollo de la construcción en general fue muy similar a la de la UE-28 y la [zona Euro](#) (EA-19)”

Gráfico 3. Producción del sector de la construcción. Fuente: Eurostat [40]



2.1.4. Características sistémicas de la industria AEC

Muchas de los factores que influyen en la productividad, están relacionados con el adecuado uso de las TIC. Como ya hemos visto, la integración de la tecnología en la industria AEC es débil. Existen ciertas características propias de este sector que dificultan la puesta en práctica de los avances tecnológicos. Estos factores han condicionado la integración y el uso extensivo de las TIC. Vemos en este apartado algunas de ellas.

:

- *Singularidad de sus productos* [11]. El resultado final del proceso constructivo es exclusivo y único.

- *Atomización del sector* [4], muchas pequeñas y medianas empresas participan en el sector (industria altamente fragmentada, [11], [6]. Según el informe epymes 2014, el 96,8% de las empresas que forman el sector son microempresas [39]

- *Mano de obra poco cualificada*. De hecho, el sector más afectado por la falta de trabajadores cualificados en Europa es la construcción, donde casi el 45% de las empresas declaran que experimentan problemas en la búsqueda de personal para puestos de trabajo cualificados [41]

- *Vasta información que se debe coordinar*. [2], [42]

Uno de los puntos claves que afecta a todo del proceso constructivo es el flujo de información, debe ser fluido y continuo durante todo el proceso. La adecuada gestión de los datos facilita, el trabajo de todas las disciplinas y minimiza la probabilidad de cometer errores a la hora de transmitir la información. Sin embargo, el sector de la construcción está fragmentado y la mayor consecuencia es la dificultad para comunicarse de manera efectiva y eficiente entre los socios durante un proyecto de construcción o entre clientes y proveedores de productos de construcción [43].

La *información* es un elemento inherente del proceso constructivo, considerándose fundamental y principal durante todo el ciclo de vida de una construcción. En particular, las empresas del sector de la construcción gestionan mucha información [2]. Desde la fase conceptual hasta el derribo de una construcción, se recaba, almacena, modifica, gestiona e intercambia una ingente cantidad de información, lo cual ha llevado a la necesidad de desarrollar sistemas de información que faciliten el análisis de los mismos a los agentes que participan a lo largo del ciclo de vida del edificio [44]. La actividad de los trabajos de construcción es intensa en información y el número de documentos aumenta proporcionalmente con el tamaño del proyecto [42]. Los datos son requeridos en cada una de las fases y por cada uno de los participantes, plasmada de cualquier forma, tal como textos,

números, planos, etc. Así pues es indispensable apoyarse en herramientas tecnológicas que puedan ayudar a procesar toda esa información [2].

Sin embargo, es la gestión de la información el punto débil del sector de la construcción. Este sector carece de una adecuada transmisión de los datos, debido a:

- *Interdependencia entre los diferentes elementos:* Esto genera gran cantidad de información, que es procesada de forma manual, imponiendo una pesada carga sobre el equipo del proyecto para realizar el proceso de planificación [45]
- *Carencia de comunicación entre las distintas disciplinas* participan que en el proceso. Aishawi, M e Ingirige, B.(2003) citado en [4]. En cualquier proceso intervienen numerosos actores y la independencia con la que actúan dificulta el adecuado desarrollo del proceso.
- *Bajo nivel de formación tecnológica.* " Todo el mundo utiliza herramientas informáticas, pero el nivel tecnológico de su uso ha sido, en general, bastante bajo" [46]

Aunque la comunicación es de vital importancia en los proyectos de construcción, la industria de la construcción se enfrenta a grandes dificultades de comunicación y un uso ineficaz de las tecnologías de la información y comunicación [5]. Es fundamental para el adecuado desarrollo de un proyecto mantener informados y documentados a todos los intervinientes de forma rápida, clara y efectiva. De manera que se facilite la comprensión, intención y funcionamiento del diseño. Teniendo muy presentes las limitaciones de tiempo, presupuesto y calidad, que todo proyecto constructivo debe cumplir. Esto es el flujo de información durante el ciclo de vida de una construcción debe ser continuo.

Según Fuentes Giner [4], "importantes inconvenientes son los que ocasiona la falta de coherencia en la información circulante y resultante, que se resume en:

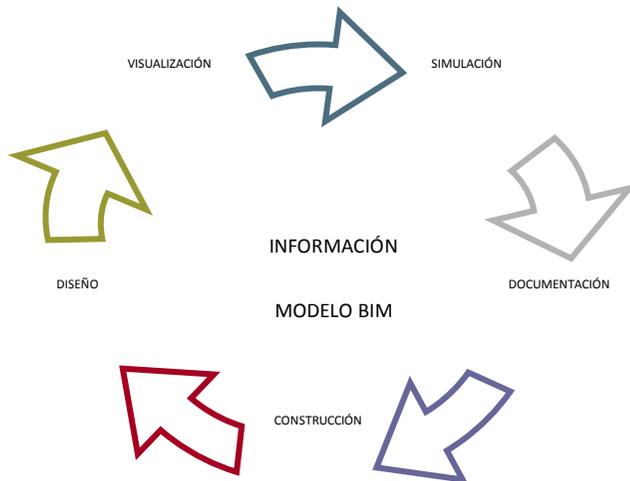
- No se garantiza la integridad de la información
- No se garantiza la coherencia de la información
- Modificaciones que sufrirá el proyecto en su fase de definición
- La intervención de los distintos profesionales se realiza de forma escalonada en el tiempo
- Utilización de información no actualizada
- Presión en la elaboración del proyecto para entregar el mismo en el mínimo plazo posible

Toda esta falta de información global y de aseguramiento de que las necesidades y condiciones de la obra son las oportunas para introducir nuevos factores productivos en ella, conllevan casi siempre a una desviación significativa del coste y plazo iniciales previstos y/o de la calidad final del producto resultante"

En los proyectos de construcción participa abundante mano de obra con formación, destrezas, habilidades y experiencia insuficientes [47] [48][34][36]. Por tanto, el primer paso hacia la mejora de adopción de las TIC en el contexto AEC, incluye generar la motivación necesaria entre los profesionales para la adopción de las TIC destacando los beneficios potenciales que estas pueden aportar [49].

Las personas tienden a resistirse al cambio debido a los hábitos adquiridos con el paso del tiempo. Este es un obstáculo para adoptar y difundir las TIC. [15]. Una actitud positiva hacia los ordenadores es una indicación de menor resistencia hacia el cambio tecnológico y viceversa [50].

Ilustración 1. FLUJO DE INFORMACIÓN EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO. Elaboración propia



Debido a esta deficiencia de información, los problemas surgidos en obra, se solventan a medida que van apareciendo, sin posibilidad de preverlos para poder remediarlos con anticipación. Así pues, la gestión de la información tiene repercusión directa en la productividad del sector. La pobre documentación de los proyectos eleva el coste de los mismos entre un 10% y un 15%. [51]

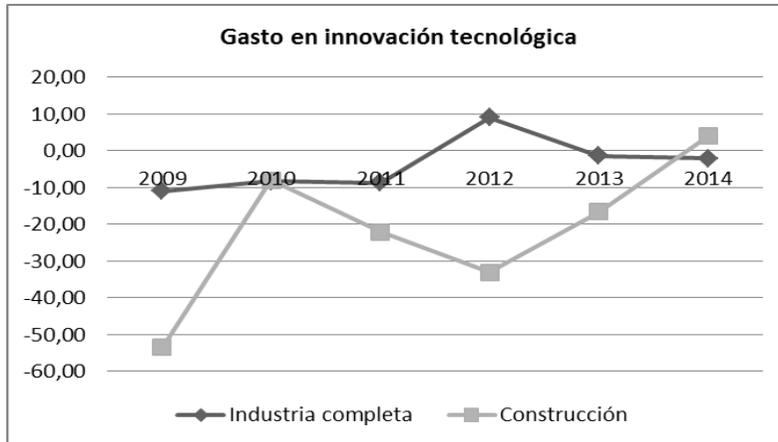
En el libro de Fuentes Giner [4] aparecen una serie de rasgos que caracterizan el sector de la construcción actual:

- El sector ha perdido fuelle desde mitad del s.XX como motor de innovación y mejora en la sociedad. Es más, es percibida socialmente como una industria subdesarrollada (Winch 2003) y con bajo valor añadido

- Las características inherentes al PPC¹⁰ hacen que la industria de la construcción tenga una de las tasas de productividad más bajas de la economía, equiparándose, casi, a una industria artesanal....
- Fuerte atomización de las empresas constructoras
- La rígida estructura jerárquica del proceso constructivo en la construcción....falta de visualización de todo el conjunto y las interrelaciones entre elementos.
- La información de la documentación del proyecto es distribuida entre todos los agentes participantes de forma trunca.
- La documentación de proyecto carece de información significativa para algunas actividades del proceso, lo que obliga a redibujar soluciones y detalles,....
- La información de la documentación del proyecto siempre se transmite en formato 2D...
- Cualquier solución alternativa a las de proyecto que se desee estudiar, conlleva la generación de nueva documentación ... demora la toma de decisiones
- La implantación de las TIC's en el sector nacional es casi testimonial. Las empresas apenas dedican esfuerzo y atención a esta cuestión. En el siguiente gráfico se muestra Tasa de variación del gasto en innovación tecnológica del sector de la construcción en comparación con el resto de las industrias.

Gráfico 4. Tasa de variación del gasto en innovación tecnológica

¹⁰ PPC, Proceso del proyecto constructivo



2.1.5. Dificultades para la adaptación a la era digital

Algunos autores dejan claro que el sector de la construcción suele ser lento en adoptar las más nuevas tecnologías [7] [8]. Pues si bien, lleva adaptándose al uso de las TIC desde hace años para incrementar su competitividad. Existen ciertas debilidades que siguen ralentizando esta adecuación. Entre las debilidades, los expertos señalan la escasa formación en TIC de los profesionales del sector [13] y los bajos niveles de inversión en I+D [52]. Además, se han identificado los principales factores que influyen en la lenta integración de las TIC en las empresas del sector las siguientes [15]:

- la naturaleza compleja de las industria de la construcción
- niveles de inmadurez de las TIC
- poca disponibilidad para la evaluación de los beneficios del uso de las TIC
- falta de comprensión de los procesos de implementación de las TIC

Por otro lado, las personas tienen una resistencia natural al cambio [53]. Así las cuestiones culturales son un obstáculo importante para aplicación TI en la

industria AEC [54], [55]. En este sentido hay dos aspectos que influyen mucho en el comportamiento de los individuos ante cualquier cambio, que son la *utilidad* percibida y la *facilidad de uso* percibida [50]. Además, una actitud positiva hacia los ordenadores es una indicación de menor resistencia hacia el cambio tecnológico y viceversa [50].

El último informe epymes 2014 indica que "*La debilidad más evidente que los empresarios detectan es la falta de formación en TIC de los profesionales del sector*" [39].

Un estudio realizado en 2005 demostró que la industria de la construcción ha tenido una menor integración de las TIC y de los procesos de e-business que otras industrias en la Unión Europea [56]. En países como España, varios estudios indican que la industria de la construcción está por detrás que el resto de sectores en la tasa de adopción de las TIC [15] [57] [58]. En este sentido hay que tener en cuenta que los niveles de inversión en estas tecnologías son aún bajos en muchas empresas españolas y que el elevado peso de actividades tradicionales o de bajo valor añadido puede dificultar la adopción de las TIC [3].

Resistencia al cambio

Como ya se ha indicado son muchos los estudios que declaran que el sector de la construcción es uno de los más conservadores a nivel tecnológico, en el que se siguen empleando herramientas y metodologías poco actualizadas, y señalan que las cuestiones culturales son un obstáculo importante para la aplicación de las TI en la industria AEC [54][55][15].

La creciente complejidad y aumento de la competitividad en el sector de la construcción impulsará la necesidad de ser más efectiva [59].

Las personas tienden a resistirse al cambio debido a los hábitos adquiridos con el paso del tiempo. Este es un obstáculo para adoptar y difundir las TIC.

[15]. Una actitud positiva hacia los ordenadores es una indicación de menor resistencia hacia el cambio tecnológico y viceversa [50].

Según (Tatum, 1989) citado en [60] "El éxito de la implementación de la tecnología depende de muchos factores. Por ejemplo, las actitudes del personal hacia implementación de nuevas tecnologías están conformados por los riesgos que implica el uso de medios y métodos desconocidos, la dificultad de implementar la nueva tecnología, los riesgos financieros, y la percepción de las actitudes de los otros trabajadores hacia nuevas tecnologías"

2.1.6. Sector industrial vs sector AEC

La evolución tecnológica experimentada en el sector de la construcción ha sido pequeña en comparación con otros sectores. Industrias como la aeronáutica, automoción, diseño industrial, etc. han ido adaptando sus procesos productivos a la era digital [26]. Desde hace décadas se emplean ya programas de cálculo, simulación y fabricación basados en sistemas paramétricos tipo CAM¹¹-CAE¹². La principal ventaja que ha aportado a estos sectores es la de poder realizar *prototipos virtuales* de sus productos antes de hacerlos en realidad, con todas las ventajas que ello proporciona.

La inversión en TIC en el sector de la construcción no ha sido tan significativa como en otros sectores [57], por tanto la adopción más generalizada de tecnologías colaborativas sigue siendo un proceso lento en comparación con esas industrias [8] [9]. El nivel de inversión en I + D en el sector de la construcción europea es bajo comparado con otros sectores [61] lo cual ha ocasionado un uso limitado e ineficaz en comparación con otros sectores como las industrias automotriz y aeroespacial (Anumba y Ruikar, 2002, en [5]).

¹¹ CAM, Computer-Aided- Manufacturing. Fabricación asistida por ordenador

¹² CAE, Computer-Aided- Engineering. Ingeniería asistida por ordenador

Y el consiguiente fracaso en mejorar la productividad y la calidad [62] citado en [63].

Cabe indicar que aquí que existen una serie de características que diferencian al producto de la construcción de cualquier otro producto industrial como son [4] :

- La singularidad de cada producto construido, característica que dificulta su fabricación en serie
- La inmovilidad, lo que supone una selección cuidadosa de la localización a priori de la construcción.
- Esa misma inmovilidad nos lleva a la siguiente característica del producto final: su dispersión y fraccionamiento, dado que los productos se van a utilizar o consumir en el lugar donde se crean por su propia naturaleza de inmuebles. Este hecho imposibilita la concentración de la actividad fabril, que se desplaza al lugar donde la producción será ofertada y sus servicios consumidos.
- El elevado tiempo de producción/maduración del producto resultante, que conlleva un alto grado de incertidumbre por los cambios que podrían suceder durante dicho período y que pueden afectar al proceso en sí mismo, al producto resultante o a su comercialización final.
- La existencia de múltiples procesos alternativos a los procesos constructivos inicialmente previstos, lo que implica la posibilidad de un sin número de funciones de producción para cada bien terminado del sector. La existencia de diversas posibilidades en cuanto a la combinación de factores de producción (factor económico, factor conocimiento y factor industria) complica el análisis de oferta de acuerdo con las teorías económicas convencionales.
- Elevada durabilidad y vida útil del producto, característica que implica una serie de actividades de conservación y mantenimiento en el

conjunto de la producción total, así como una importante atención a la gestión de todo el ciclo de vida de cada producto único.

- El producto es susceptible de ser definido por el usuario, o bien personalizarlo una vez definido por el equipo de diseño. Además, la definición o modificación del programa de necesidades del usuario se puede producir en cualquier momento del ciclo de vida del producto. Esta cualidad agrega complejidad y singularidad a cada producto, que en el caso de la edificación residencial llega a grados de particularización extremos.
- La búsqueda de la estética, la integración y el respeto por el entorno y el medio ambiente.

La solución a estos problemas pasa inevitablemente por la DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.

2.1.7. Digitalización del sector de la construcción

En esta situación en que parece que exista una barrera tecnológica infranqueable que separa y aísla la industria del entorno digital. Se hace cada vez más acuciante la necesidad de *digitalizar el proceso constructivo*. Considerado como el proceso de modernización del flujo de trabajo, basado en la creación de prototipos virtuales, mediante herramientas tecnológicas que permitan llevar a cabo el desarrollo virtual completo del proyecto a través de nuevas metodologías de trabajo [64]. El principal objetivo es crear una única base de datos que permita una adecuada gestión y transmisión de la información para poder usarla en función de las necesidades de cada uno de los participantes en el proceso y en cualquier fase del mismo. Una de las razones para digitalizar el proceso constructivo, es el valor añadido. Indistintamente del tamaño de la empresa el buen uso de las nuevas tecnologías es una ventaja competitiva para la empresa [13].

Para ello, el conocimiento de las herramientas disponibles y la metodología a emplear deben ser el adecuado. La adquisición de habilidades digitales de los profesionales es fundamental, pues parte del rechazo que provoca el cambio de la forma tradicional de trabajar se debe al desconocimiento de las herramientas que se emplearán por parte de los usuarios. Se hace necesario romper con el conservadurismo y la fuerte resistencia al cambio de la mayoría de los integrantes del sector de la construcción, que prefieren seguir trabajando de la forma tradicional.

El uso de las nuevas tecnologías ayudan a reducir el tiempo de procesamiento de datos, la comunicación de información y aumenta la productividad en general [65], tal y como se ha visto en el apartado correspondiente, el principal problema de la industria AEC.

Según [66], concluyen en su trabajo que las principales ventajas del uso de VP¹³ son:

- La creación, análisis y optimización de plazos de construcción
- análisis efectivo de constructabilidad
- eliminación de riesgos de construcción maqueta digital a través de los procesos
- comprender mejor de alcance del proyecto y una mejor instrucción de trabajo de contratista principal a los subcontratistas
- comunicación eficaz entre el cliente y los contratistas
- gestión eficaz de los cambios de diseño y
- mejor captura y reutilización de los conocimientos

¹³ VP, del inglés virtual prototype. Prototipo virtual

Mediante estos procesos de diseño se crean antes de su construcción *prototipos virtuales*, que permite observar y hacer simulaciones del modelo tridimensional completo (con toda la información asociada) en el ordenador antes de que se haga realidad. La creación de prototipos digitales se ha demostrado que son un éxito en las distintas industrias en que se han empleado [67][68]

El edificio virtual genera una documentación interactiva, que permite en cada caso consultar aquellos aspectos que son necesarios conocer en cada momento [12], dando así continuidad al flujo de información del proceso constructivo.

De acuerdo a este concepto de digitalización del sector, el Parlamento Europeo votó a favor de modernizar la normativa de contratación y licitación pública. En febrero de 2014 la Comisión Europea aprueba la Directiva 2014/24/UE sobre Contratación Pública de la Unión Europea. Dicha Directiva, conocida como EUPPD, hace de alguna manera referencia al uso de herramientas electrónicas en su artículo 22: *"Para contratos públicos de obra y concursos de proyectos, los Estados miembros podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, como herramientas de diseño electrónico de edificios o herramientas similares"* [69]

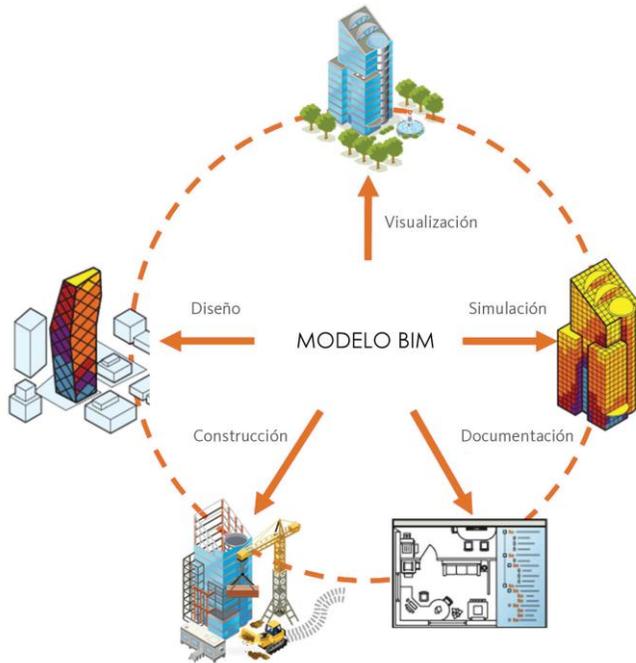
Según [46] "La meta, por tanto, sería conseguir un intercambio de información eficiente, con la intención de que el modelo de información haga de coordinador entre los diversos profesionales que intervienen en la creación de los edificios, ya sea alojando directamente sus objetos u ofreciendo vías de comunicación controladas"

Las ventajas de digitalizar el proceso constructivo son:

- No se produce pérdida de información
- No hay duplicidad de información
- Información utilizable por varias personas a la vez

- Se simplifican las tareas de gestión de la información

Ilustración 2. Diferentes posibilidades que ofrece el manejo de un proyecto dentro de una plataforma BIM. Fuente: Internet. <http://www.bim-3dasbuilt.com>



2.2. DE BIM Y SU IMPLANTACIÓN EN LA INDUSTRIA AEC

Si bien la tendencia del sector es el diseño y gestión sostenible de edificios, esto es procesos edificatorios ecoeficientes no se podrá hacer frente a estos retos sin que se produzca un cambio profundo como es el anteriormente descrito: la digitalización del proceso constructivo.

Como respuesta a la creciente complejidad de los proyectos, la tecnología de la información y la comunicación [TIC] se ha estado desarrollando a un ritmo muy rápido [70]. Software y metodologías de trabajo, que ya existían desde hace décadas, comienzan a implementarse con éxito en la industria de la construcción. Un ejemplo es BIM, de sus siglas en inglés Building Information

Modeling¹⁴. En el apartado 2.2.4, se hará una descripción detallada de esta tecnología.

El objetivo principal para usar BIM es administrar de forma eficiente la información producida durante el proceso de construcción y permitir una gestión de la construcción más eficaz a través de una mejor comunicación y colaboración [71]. Tal vez el punto más importante es que el uso de la metodología BIM mejora la capacidad de integrar todos los miembros de los equipos de proyecto. Por tanto el concepto fundamental BIM que se enseña y se aprende es la colaboración [72] [73], esto aporta una disminución de los tiempos de ejecución y optimización en la utilización de recursos [13].

"En los 70 y en los 80 las maquetas era imprescindibles en proyectos complejos, ya que las aplicaciones de dibujo asistido por ordenador no permiten todavía el dibujo en tres dimensiones ni, por tanto, la detección de interferencias" [74] BIM es una tecnología que posibilita a los usuarios crear una representación visual del proyecto completo, es decir un prototipo digital del edificio antes de la construcción [18]. Esto ofrece la oportunidad de realizar simulaciones y análisis, permitiendo además su modificación de una forma relativamente sencilla [75] en los que se pueden solucionar los problemas con suficiente antelación.

BIM tiene el potencial de facilitar el diseño inteligente, la innovación y la colaboración [76]. La colaboración siempre ha sido un componente clave y prioritario para el desarrollo de los proyectos de construcción.

El uso adecuado de la metodología BIM puede ayudar a solventar algunos de los problemas encontrados en el sector de manera recurrente. Se estima que BIM puede eliminar el cambio no presupuestado en un 40%, reducir el tiempo necesario para completar un proyecto de 7%, y el tiempo para generar una estimación de los costes hasta en un 80% [77]. A lo largo del estudio se

¹⁴ *Building Information Modeling- Modelado de la información de la construcción*

indicaran más beneficios del uso de BIM y cómo puede ayudar a satisfacer las necesidades de la industria.

2.2.1. Necesidad de cambio

Se puede afirmar que la necesidad de cambio en el sector sigue siendo muy fuerte [78]. El estancamiento a largo plazo de la productividad del trabajo en construcción obliga a los diferentes actores a cambiar [79]. La principal causa por la que el sector no ha introducido innovaciones en su metodología de trabajo es porque la eficiencia de la producción no es el principal factor para el incremento de los beneficios. Debido a que el coste de fabricación es independiente del precio del suelo y del producto terminado [80].

En la era de la información y la comunicación, el empleo adecuado de las TIC para mejorar el sector, es condición imprescindible y se considera necesaria una alfabetización digital de los integrantes de la industria AEC. Los cambios se suceden de manera vertiginosa, la capacidad de adaptación a los nuevos tiempos debe ser prioritaria para la evolución de la industria. La deficiente aplicación de las innovaciones tecnológicas en el sector AEC se considera como el principal problema que afecta al rendimiento de toda la industria de la construcción [9]. La falta de conocimiento de las herramientas limita su uso y su potencial, reduciendo así el alcance y rendimiento que pueden ofrecer en cada campo de actuación. La adquisición de competencias digitales por parte de los profesionales que intervienen durante el desarrollo de un proyecto es indispensable en estos días.

A partir de la crisis del 2007/08, en la que el sector de la construcción ha sido uno de los más castigados, se ha puesto en duda el modelo productivo, empresarial y organizativo. Así durante los últimos años están surgiendo distintas iniciativas a diferentes escalas con la intención de buscar nuevas

metodologías de trabajo que ofrezcan un mayor control sobre las desviaciones de costes, plazos y calidad del proyecto [81]

Las consecuencias de esta falta de evolución e integración de nuevas tecnologías son:

- *Baja productividad* [29][28]
- *Errores en la redacción de proyectos* [32]. El 96% de los proyectos necesitan modificados [82].
- *Elevados costes*. "Un porcentaje elevado de proyectos exceden la previsión de costes o del tiempo programado [83][84].
- *Incumplimiento de plazos establecidos* [83][84]

Los principales motivos por los que la evolución tecnológica en el sector está siendo tan lenta son:

- *Resistencia natural al cambio de las personas*. No todo el mundo reacciona de manera similar, o por razones similares [53]. La cantidad de resistencia también varía de persona a persona. Por tanto, una fuerte motivación para usar la nueva tecnología puede superar muchas dificultades, mientras que una fuerte motivación a no utilizar la tecnología puede hacer que un individuo dificulte su adopción en su entorno de trabajo[50]. Así pues la adopción de las TIC en el contexto AEC incluye generar la motivación necesaria entre los profesionales destacando los beneficios potenciales [49]
- *Fragmentación de la industria* [6]: En la que intervienen muchos actores carentes de integración [29], [11][85] que dificulta la introducción de innovaciones tecnológicas. En España el del total de empresas que forman el sector de la construcción, el 96,5% están dentro de la categoría de microempresas [13]

- *Singularidad del producto* [11] [9]: Cada proceso constructivo es único, en el tiempo, lugar y las personas que lo llevan adelante. Difiere mucho de la producción en serie [46].

La actividad de la construcción genera un gran número de datos e información de diversa índole. La gestión y la comunicación de estos datos por los diferentes participantes es compleja [86], debido a que actividades estrechamente interdependientes tienen que ser llevadas a cabo por distintas organizaciones (Cheng et al., 2001; Kornelius y Wamelink, 1998; Loosemore, 1999, citados en [5]). Por ello, recientemente BIM ha tenido una fuerte implantación en la práctica arquitectónica debido a la necesidad cada vez mayor de integrar las distintas disciplinas [87]

Tras realizar una extensa revisión bibliográfica sobre BIM (Building Information Modeling) para la realización de este trabajo de investigación, queda muy claro hacia dónde va el futuro, en muchos países ya es presente, de la industria AEC (Architecture Engineering and Construction). Profesionales del sector de la construcción admiten que el concepto básico de BIM es sólido y es la dirección en el que la industria de AEC necesita moverse [88]

Según un estudio realizado por Ku y Taibet (2011) citado en [89], los resultados revelaron que las empresas prefieren graduados que tengan conocimientos de conceptos BIM y habilidades del software. Los participantes también informaron de que existe una creciente necesidad de personal de proyectos con capacidades generales BIM, además de especialistas de BIM.

2.2.2. Metodología actual de trabajo. Uso de CAD

La mayor parte del negocio en construcción está basado en los medios tradicionales de comunicación, tales como las reuniones presenciales y el intercambio de documentación e información en papel (hoy en día

compartido con el intercambio en ficheros en formato digital no editables) [4].

En la década de los 80, los arquitectos comienzan a automatizar sus prácticas en el desarrollo de proyectos mediante el uso de la geometría basada en CAD [88], tal como se ha indicado en el apartado 2.1.1. Este hecho produjo una gran revolución en la industria de la construcción, se cambió de las herramientas manuales (tablero, lápiz) a las herramientas digitales (pantalla de ordenador) empleando este tipo de aplicaciones. El sistema CAD permite representar la geometría 2D a través de elementos gráficos (líneas, arcos, símbolos,...) pero no contiene más información, es decir las relaciones entre los elementos no pueden ser representadas. Por tanto, la metodología de trabajo en este sector no varió mucho de la que ya se venía empleando. Este hecho surge como solución para aumentar la productividad a la hora de elaborar los planos de proyecto; se trata, como su propio nombre indica, de una mera herramienta de dibujo [74].

La rapidez y la facilidad con la que se puede hacer representaciones gráficas usando el ordenador, es una gran diferencia con respecto a las técnicas manuales. Sin embargo, la principal ventaja de CAD es su capacidad para editar fácilmente un diseño, ya que permite a los usuarios eliminar, mover, copiar, rotar, escalar elementos y hacer simetrías con facilidad. CAD 2D es rápido y fácil de usar, es considerado como el método más popular de redacción en la industria de la construcción de hoy (Sun y Howard, 2004) citado en [90].

La adopción de los ordenadores y el diseño asistido por ordenador en 2D (CAD), propicia la creación de una gran cantidad de información, que lejos de mejorar la eficiencia, la realidad ha coincidido con una disminución de la calidad de la documentación y de la productividad. Debido a que se siguen empleando metodologías de trabajo arcaicas. Si bien se ha automatizado el proceso de producción de documentos, los intercambios de datos y los procedimientos de gestión todavía se centran en los documentos en papel

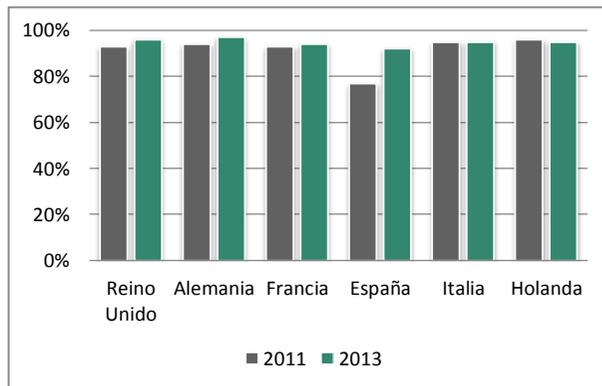
[91][92] y en planos 2D [93]. En el estudio realizado en Nueva Zelanda en 2013, se indica que el 50% produce dibujos a mano y el 80% usa CAD 2D [94].

El principal problema de trabajar de esta manera, es que se genera una gran cantidad de representaciones de un mismo modelo, inconexas e independientes entre sí, producto de cada una de las disciplinas de diseño que intervienen en un proyecto de construcción, por lo tanto cualquier modificación realizada en un componente no se refleja en el resto del proyecto, se debe ir revisando manualmente [95]. Esta tarea requiere mucho tiempo, para que la documentación resultante sea coherente y evitar así propagación de errores o falta de definición de elementos. La posibilidad de descoordinación, por lo tanto, entre los dibujos es muy alta, debido a que el sistema CAD utiliza muchos archivos independientes para documentar el edificio mientras que un proyecto BIM normalmente tiene un sólo archivo [90]. Algo bastante común en los proyectos de construcción, que consecuentemente repercuten de forma negativa durante la ejecución de la obra, tanto es así que en España “El 98% de los contratos firmados por la Administración Central desde 1996 han sufrido modificaciones” [82]. En un estudio realizado en Gran Bretaña en 2009 por Construting Excellence se demostró que más de la mitad de todos los proyectos de construcción se habían excedido bien en el presupuesto de adjudicación, bien en el plazo acordado o en ambos [96]. Y que entre el 60 a 90% de todas las variaciones son debidas a un mal diseño y mala documentación. [51]

Hoy en día está muy extendido el uso de las herramientas CAD, convirtiéndose en estándar de trabajo del sector. Pocas son las universidades y empresas vinculadas al sector AEC en las que no se empleen alguno de los software CAD. Sin embargo el nivel tecnológico con el que se emplean, es en general bastante bajo [46]. La literatura hace referencia con frecuencia, a la dependencia que el proceso constructivo tiene de las 2D, tanto en papel como en CAD [45] [6] [97]. Según el estudio, European Architectural Barometer, en torno al 95% de los arquitectos europeos emplean estas aplicaciones para el diseño y elaboración de sus proyectos [98]. En el

siguiente gráfico se muestran los datos referidos al uso de CAD por los arquitectos en Europa.

Gráfico 5. Evolución del uso de CAD en Europa. Fuente: Arch-vision, 2011 y 2013



Desde hace ya unos años, las aplicaciones CAD se ha hecho indispensables para el desarrollo de la actividad laboral en este sector. Ya en 2003 Eastman, indicaba la gran dependencia de las 2D en el diseño de edificios[6] y hoy día catorce años después, con todos los avances tecnológicos mencionados y lo que han evolucionado tanto los software específicos como los hardware (la tecnología), la situación sigue siendo la misma o incluso ha aumentado su uso.

Los autores Hannu Penttilä y Tor-Ulf Weck [99] , en un informe realizado en 2006, dividen la implantación de CAD en tres etapas principales:

- La primera es la etapa de 1980 a 1985, que representa los últimos días de los proyectos hechos a mano, se inicia la adopción de los sistemas CAD. Se caracteriza por la producción de los proyectos en papel vegetal, las reuniones presenciales y los documentos enviados por correo o con mensajeros. Las aplicaciones CAD inicialmente son muy especializadas,

difíciles y farragosas de manejar y con pocos resultados prácticos. Sin embargo, esta nueva forma de presentar los documentos gráficos supondrá un gran avance, fundamentalmente derivada de la velocidad a la que se podrán introducir parámetros geométricos del proyecto en el dibujo [12].

- Entre 1993 y 1998, los profesionales consolidan la sustitución de la mesa de dibujo por el uso de programas CAD, que se convierten en una realidad irrefutable e irreversible impulsada, principalmente, por la popularización de los ordenadores y las impresoras. Además de contar la facilidad causada por la similitud conceptual entre el método tradicional y los programas de CAD. Reflejado, también, en la rutina operacional que los proyectos presentan en los estudios. Los proyectos aún se envían en soporte papel por correo o mensajeros, pero las copias de los diseños fueron reemplazados por el trazado o la impresión. Esta situación se ha visto reforzada por los problemas causados por la, todavía incipiente, Internet, que aún era muy lenta y el envío de archivos ‘pesados’ era complicado.

- La siguiente época a remarcar es, aproximadamente, desde el 2000 hasta el 2005. En esta época el desarrollo de las TIC, en particular Internet, ha generado nuevas posibilidades que influyeron en toda la sociedad. Los diseñadores no serían la excepción, también la comunicación y el envío de documentos, incluyendo proyectos entre los profesionales, se hace ahora a través del formato digital. Aparecen los teléfonos móviles, los ordenadores portátiles, los proyectores multimedia, las nuevas formas de trabajo colaborativo habilitados o reuniones en las que los profesionales no deben ocupar el mismo espacio físico para realizar el trabajo. Por otro lado, la mejora del desarrollo de ordenadores y software ha hecho que muchos profesionales, académicos e investigadores desarrollen nuevos métodos de proceso de diseño digital’

En la mayoría de las ocasiones, es práctica común en el sector, en la fase de redacción de proyecto y en la fase inicial conceptual, intentar llevar la intención de proyecto a las 3D. Para ello en la década de los 80 y 90, se

empleaban maquetas de madera o cartón. Ejercicio que hoy día resulta demasiado laborioso con el fin último de acercar la intención del proyecto a la realidad. A partir de la década de 2000, las aplicaciones informáticas estaban lo suficientemente maduras y los hardware había mejorado tanto como para poder realizar renders con relativa fluidez. Algunos de los programas populares de diseño gráfico y modelado en 3D son 3ds MAX, SketchUp, etc. Muy empleados en entornos de arquitectura, ingeniería civil, diseño industrial, para obtener imágenes realistas y movimiento interactivo como vuelos y recorridos. Sin embargo, estas aplicaciones no contienen más información que la representación gráfica y estética de la construcción. La posible evolución a futuro parece que será importante y rápida, ya que ha sido relativamente reciente el momento en el cual los ordenadores personales han empezado a tener suficiente potencia como para realizar, entre otras cosas, simulaciones 4D sin problemas graves [74].

En la construcción contemporánea, la hegemonía de la comunicación basada en el diseño 2D está poco a poco siendo cuestionado por las posibilidades que ofrecen entornos integrados de diseño en 3D e interfaces digitales [100], que hagan mejorar las relaciones entre los integrantes del proceso constructivo y por tanto la productividad del sector. El modelado de información de la construcción (BIM) es importante para apoyar la colaboración entre diferentes disciplinas que trabajan con un enfoque integrado. Por esto, BIM es cada vez más utilizado como apoyo de las TIC que se emplean en los complejos proyectos de construcción" [21].

Aunque BIM es visto como un método eficiente de gestión de la información en proyectos de construcción [101]y se deben evolucionar para aprovechar plenamente las oportunidades que ofrecen las TIC emergentes construcción [102] . Acabamos de ver que el uso de las 2D está muy arraigado en el sector, algunos estudios indican que incluso empleando BIM, la forma en que debe entregarse la documentación final sigue siendo en 2D [103]

Con el uso de BIM en el sector se elimina la necesidad de remodelar el mismo edificio para diferentes propósitos, como la iluminación y la eficiencia energética, haciendo más fácil y más rápido el trabajo [104]

2.2.3. Habilidades exigidas y deseadas por el sector AEC a los recién titulados

La realidad profesional en la que se encuentra el sector hoy día, como ya hemos visto, es una realidad de cambios. Estos cambios afectan a los procesos, la comunicación, el modelo productivo, conocimientos, habilidades para poner en práctica lo aprendido... Lo que ha provocado una brecha formativa entre el mundo académico y profesional.

La Comisión Europea ha detectado una falta de concordancia entre la oferta y la demanda de trabajo en Europa, debido a que los demandantes de empleo no tienen las competencias que buscan los empresarios. Una parte de estas competencias, sobre todo en jóvenes, no se refieren a competencias técnicas, sino transversales: comunicación, habilidades sociales, capacidad para trabajar en equipo, etc. También habría competencias técnicas relacionadas con el uso, por ejemplo, de tecnologías novedosas relativas a cada sector (*Skill Alliance Energy Saving and Sustainable Construction, 2014*)¹⁵.

Los profesionales de la industria de la construcción deben ser capaces de lidiar con el rápido ritmo de cambios tecnológicos, mundo altamente interconectado y con problemas complejos que requiere soluciones multidisciplinares [105]. Debido a que en la práctica profesional AEC se ha reconocido desde hace tiempo la necesidad de colaboración [17].

¹⁵ Se puede consultar en <http://blog.fundacionlaboral.org/empleo/cuales-son-las-necesidades-de-formacion-en-el-sector-de-construccion-en-europa-parte-i/>

En el CEBOK¹⁶ se considera que conocimientos y habilidades en comunicación, colaboración, identificación de problemas y resolución de problemas es crítico para los ingenieros civiles. Tal y como afirman otros autores que indican que hay que promocionar el trabajo en equipo, el desarrollo de habilidades de comunicación, el pensamiento crítico (Punhagui et al. (2012) citado en [106], la capacidad de visualización y el conocimiento general de informática [107] volviendo a reiterar la importancia de la colaboración. Y cada uno de estas se puede apoyar en el uso de BIM [108].

Según un estudio realizado en 2009 el 89,5% de las empresas consideraban que los futuros graduados que van a contratar necesitarán conocimientos BIM [109]

La industria espera contratar a profesionales con cierta experiencia en BIM, pero la mayoría de las escuelas de Arquitectura e Ingeniería Civil están desarrollando otras capacidades. Las empresas de construcción consideran BIM muy importante para las actividades de estimación de costes, simulación, detección de interferencias y las actividades de control de calidad [110] [111].

Según Oliver en su tesis doctoral [81] "La llegada de BIM y su adopción como método de trabajo implica una serie de cambios para los que las personas del sector, bien instruidas en su función, no están preparadas. De forma resumida son:

- El trabajo ha de ser colaborativo y cooperativo. Lo cual propicia la coordinación entre disciplinas. La sinergia se hace realidad y el resultado del trabajo final, cooperativo, tiene más valor que la suma de todas las partes que lo componen.
- La información es compartida, estará disponible en un servidor informático o nube en Internet, a disposición de la consulta del resto del equipo. Frente a

¹⁶ CEBOK, The Civil Engineering Body of knowledge for the 21st Century. Guía de los fundamentos de ingeniería civil para el siglo XXI

la reticencia tradicional, BIM permite que la información que cada participante aporta se transforme en conocimiento de todo.

- El trabajo se convierte en multidisciplinar, con la concurrencia de profesionales procedentes de distintas áreas del saber, con distintas visiones sobre el hecho constructivo
- Todos los cambios anteriormente citados conducen, de forma inevitable, al cambio más sensible de la metodología BIM: la compartición del riesgo y la responsabilidad del proyecto. Es lo que se ha venido a denominar gestión integrada del proyecto, de su traducción del inglés *Integrated Project Delivery*¹⁷ (IPD) (AIA 2007)"

Según el estudio realizado por el Instituto Tecnológico Danés [61], se identifica una serie de habilidades como requisitos futuros para el sector de la construcción europeo, que son considerados de importancia creciente:

- Habilidades de planificación y gestión. Cada vez se espera que los trabajadores tengan buenas habilidades de comunicación básica, incluyendo la capacidad de comunicarse con los colegas y socios de proyecto. Los trabajadores cualificados en el sector de la construcción necesitarán cada vez más un conjunto más amplio de habilidades para cooperar eficientemente a través de las distintas disciplinas. Se incluyen también las competencias en TIC con el fin de mejorar la productividad a través de un despliegue eficiente de las TIC a lo largo de todo el proceso de construcción
- Procesos de construcción sostenible, las políticas sociales demandan cada vez más soluciones sostenibles en todas las etapas del proceso de construcción
- Adopción de las nuevas tecnologías, la adopción de las nuevas tecnologías y nuevas prácticas serán esenciales para el desarrollo de la competitividad del sector y la productividad.

¹⁷ IPD, Integrated Project Delivery. Desarrollo de Proyectos Integrados

2.2.4. BIM una metodología en auge

Tal y como aparece en el apartado 2.1.3 la situación del sector de la construcción ha sufrido una disminución de la productividad a lo largo de los años. Debido por un lado, al bajo porcentaje de implantación de las TIC en este sector y por otro debido a un aumento de la complejidad de los proyectos [112][113].

Además se ha visto que las empresas necesitan para adaptarse a la nueva era digital, profesionales con competencias y habilidades genéricas, además de los conocimientos técnicos necesarios.

Como respuesta a la creciente complejidad de los proyectos, la tecnología de la información y la comunicación [TIC] se ha estado desarrollando a un ritmo muy rápido [70]. Software y metodologías de trabajo, que ya existían desde hace décadas, comienzan a implementarse con éxito en la industria de la construcción. Un ejemplo es BIM, de sus siglas en inglés Building Information Modeling. Que por las características que ésta presenta puede ayudar a disminuir las carencias con las que cuenta el sector, tanto de los profesionales como de la gestión de la información.

Tal vez el punto más importante que mejora el uso de la tecnología BIM es la capacidad de integrar a todos los miembros de los equipos de proyecto, haciendo la comunicación más eficaz[71] y facilitando la colaboración entre los participantes del proyecto [114][115]

En el estudio realizado por [116], resultó que la transición del CAD a BIM no la consideran más difícil que de lo analógico al CAD, sin embargo la literatura indica lo contrario.

Origen de BIM

Es a partir de los años 90, cuando la industria de la construcción estableció las bases de los modelos de edificación orientados a objetos. Se dice que Autodesk fue el primero en utilizar el término BIM para referirse al diseño 3D orientado a objetos, mientras que otros postulan que fue el profesor Charles M. Eastman, el primero en difundir el concepto de modelo de información de edificación, como sinónimo de BIM, a principios de los setenta en numerosos libros y artículos académicos. Sin embargo, parece haber un consenso generalizado acerca de que Jerry Laiserin (2002) fue quien lo popularizó como un término común para la representación digital de procesos de construcción, con el objetivo de intercambiar información en formato digital [117]

El concepto de fondo sobre el que se ha fraguado lo que hoy conocemos como BIM, comenzó a desarrollarse en 1975 por Charles M. Eastman. Es quien comienza a incluir bases de datos en la representación del modelo del edificio [118]. Afirmando que los dibujos para la construcción son ineficientes y causan redundancias.

El modelado de la información de la construcción (BIM) es visto para ofrecer soluciones a muchas de las ineficiencias y fallos sistémicos inherentes a la industria de la construcción [119] [120]

BIM no es simplemente una nueva herramienta para la generación de documentos de diseño, sino un método integral para la gestión y análisis de la información [121]

Definiciones de BIM

No existe una única definición de BIM, no es un concepto inamovible y no queda lo suficientemente claro pues muchos profesionales ven BIM sólo como una herramienta y/o como un modelo digital del edificio [122].

También en su tesis doctoral Barison, pág.99 refleja este hecho indicando que mediante el análisis de varias definiciones los autores "*Ayres Filho (2009), Santos (2009) y Mandhar y Mandhar (2013) llegaron a la conclusión de que BIM se ha entendido como: (a) el proceso / tecnología (nueva forma de trabajar); (b) El producto o modelo digital; (c) herramientas (software), y (d) la inteligencia*"

Si bien hay que resaltar que todas tienen en común en que no sólo se trata de una representación en tres dimensiones del edificio/construcción, sino que su fundamento es una base de datos, en la que se puede gestionar toda la información relativa al proyecto en cualquiera que sea la fase en la que se encuentre. Para ello se deben emplear software específicos que además de representar gráficamente los elementos que componen el modelo, se incluye información técnica de los mismos para poder realizar un control del proceso, antes de su construcción real. Vemos algunas de estas definiciones a continuación, marcadas por la actividad en la se aplica, como pueden ser las empresas que desarrollan software, instituciones interesadas en la integración de este concepto en el proceso constructivo, instituciones académicas, etc.

Según [123] "distinguen cuatro elementos clave en las definiciones de BIM. Estos cuatro elementos son: 1) toda la información pertinente datos necesarios en el diseño y construcción de un edificio se incluirán en un solo modelo BIM o es fácilmente disponible con herramientas BIM, a través de repositorios comunes o sistemas de bases de datos distribuidas. 2) En lo que permite interoperabilidad entre los datos (compartido con estándares abiertos como IFC) de varios modelos de diseño nativos, BIM se convierte en una herramienta de colaboración permitiendo nuevas formas integradas de trabajo. 3) BIM se mantendrá y utilizado en todo el ciclo de vida del edificio. 4) Se espera que BIM aumentar considerablemente la eficiencia y la productividad de la construcción industria. Como muestran los siguientes ejemplos, muchos definiciones de la literatura reproducen y combinan estos elementos:"

- Según Autodesk, una de las compañías que desarrollan software BIM. Define BIM en su página web como *"un proceso basado en el modelo 3D inteligente que proporciona a los profesionales de arquitectura, ingeniería y construcción los conocimientos y las herramientas para planificar, diseñar, construir y gestionar de manera más eficiente los edificios e infraestructuras"*
<http://www.autodesk.com/solutions/bim/overview>
- Según el Instituto Nacional de ciencias de la construcción en los Estados Unidos (NIBS¹⁸), *"el modelo BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de un edificio. Como tal, sirve como un recurso compartido de conocimientos para obtener información sobre una instalación que forma una base fiable para decisiones durante su ciclo de vida desde la concepción en adelante. El modelo es una representación digital compartida basada en estándares abiertos para la interoperabilidad"*. [124]
- En la guía BIM de Singapur elaborada por la BCA¹⁹, se define BIM como una colección de usos, flujos de trabajo, metodologías de modelación para conseguir información específica y segura de un modelo determinado, entendiendo modelo como *"representación digital basada en objetos y características físicas y funcionales de una instalación. El modelo como tal, sirve como una fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación que forma una base fiable para decisiones durante su ciclo de vida desde el inicio en adelante"*[125]
- Esta definición es prácticamente igual que la que aparecía en la página web de la BuildingSMART Spanish, [126]

¹⁸ NIBS, National Institute of Building Sciences. Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción. Es una organización no gubernamental sin fines de lucro, que reúne a los organismos del gobierno, profesionales de la construcción, la industria de la construcción, trabajadores de la construcción, consumidores y agencias reguladoras con el fin de identificar y solucionar los problemas potenciales del sector (estructurales, económicos, comerciales, etc.) en los Estados Unidos.

¹⁹ BCA, the Building and Construction Authority. Dependencia del ministerio de desarrollo nacional encargada de garantizar la excelencia del entorno construido en ese país

"Building Information Model (BIM) es una representación digital de las características físicas y funcionales de un edificio o una infraestructura.

BIM permite compartir la información relativa a un edificio a lo largo de todo su ciclo de vida.

BIM facilita la interoperabilidad y la colaboración entre los distintos agentes que participan en las distintas fases de un proyecto de edificación, así, cada uno de los agentes puede añadir, eliminar, actualizar o modificar la información contenida en un proyecto BIM".

Sin embargo a partir de 2015 ha cambiado la consideración que se tenía hasta ahora de BIM y aparece en la página web la siguiente definición e interpretación de BIM *"Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción.*

Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.

BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D).

El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costes de operación"

- Para Bilal Succar (2008), BIM significa una interacción de procesos, políticas y tecnologías: " BIM es un conjunto en el que se relacionan políticas, procesos y tecnologías, que generan una metodología para gestionar los datos del diseño y proyecto de construcción esenciales en formato digital durante todo el ciclo de vida del edificio".

- Según Eastman (2011) define BIM como una tecnología de modelado y el conjunto de procesos asociado que produce, comunica y analiza modelos de edificaciones [127]
- Otra definición muy completa es la realizada por Azhar en 2012: *"BIM es una tecnología y un proceso. El componente de tecnología de BIM ayuda a los interesados en el proyecto para visualizar lo que se va a construir en un ambiente simulado, para identificar cualquier posible diseño, construcción o cuestiones operacionales. El componente de proceso permite una estrecha colaboración y favorece la integración de las funciones de todos los interesados en el proyecto"* [128]
- Según Barison, en su tesis doctoral [122] formula dos definiciones de BIM, una como proceso y la otra como modelo:

"Modelado de la Información de la Construcción es un nuevo enfoque metodológico de los procesos de negocio, que implican el diseño, construcción, gestión y mantenimiento de los edificios. Cuando esté totalmente implementado, todos los interesados pueden acceder al mismo tiempo, información sobre el alcance del proyecto, los plazos y presupuestos, que son de alta calidad, fiable, integrada y totalmente coordinados"

"Un modelo de Información de la Construcción es una representación digital 3D y las características físicas y funcionales paramétricas de un edificio. Al estar basado en estándares abiertos para la interoperabilidad, sirve como elemento de intercambio de información de un edificio, por lo tanto constituye una base fiable para la toma de decisiones de los interesados durante todo el ciclo de vida de la misma"

Las distintas definiciones que se han mostrado anteriormente tienen su origen en las distintas interpretaciones que cada gremio ha realizado de las siglas BIM. Pues permite al mismo tiempo hablar del modelo que es capaz de contener información del edificio o construcción (Building Information Model), del modo en que se produce el intercambio y compartición de dicha información, la agregación de más datos y la gestión que de la información se

hace (Building Information Modeling) [81] y de las herramientas que hacen posible la creación del modelo y la aplicación de dicha metodología (Building Information Modeler).

De ahí la gran complejidad de este nuevo paradigma que integra PROCESOS, MODELOS y HERRAMIENTAS para un mejor diseño, construcción, operación y mantenimiento edificio [106]

Tabla 3. Resumen de la distintas interpretaciones de BIM [129]

DEFINICIONES DE BIM	AUTORES/ ACADÉMICOS/INVESTIGAD ORES/ORGANIZACIONES
A) COMO PROCESO/TECNOLOGÍA/NUEVA FORMA DE TRABAJAR	[126]
"Proceso de generación y gestión de datos sobre el edificio, a través de todo su ciclo de vida"	(Smith, 2011)
"Un proceso colaborativo de diseño, adquisición y operaciones	(NBS, National BIM report, 2012)
La visión del proceso con tres categorías como la representación inteligente de los datos-herramientas de autor, proceso de colaboración y gestión de las instalaciones del ciclo de vida	National Institute of Building Science, 2007)
"Una tecnología disruptiva que va a transformar muchos aspectos de la industria AEC	[(Eastman et al, cited in Sabongi, J.F) (Davidson, 2009)]
CATEGORÍA B) PRODUCTO/ MODELO DIGITAL con la información estructurada y	(Building Smart, 2010:2)

compartida en 3D/4D/5D hacia "nD"	
"Representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación que crea un recurso compartido de conocimientos para obtener información sobre él formando una base fiable para las decisiones durante su ciclo de vida, desde la concepción hasta la demolición más temprana"	Definición conjunta (RIBA, CPIC & Building Smart for the UK Construction Industry)
CATEGORÍA C) MIGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN de 2D a 3D y la creación de modelos de construcción inteligentes y multidimensionales	(Ready, 2007 cited in Sabongi and Kymmell, 2007:31)
"Simulación inteligente de la Arquitectura" que presenta las siguientes seis características principales: digital, espacial (3D), medible, integral, accesible y duradera	(M.A.Mortenson Company); (Eastman et al, 2008:13)

Características

Según [130] " Mientras que los programas CAD han hecho uso de objetos vectoriales, tales como líneas, círculos, arcos, superficies y volúmenes, a los que se les asignan valores de tipo de línea, grosor de pluma y color entre otros, los software BIM emplean entidades paramétricas que incorporan propiedades adicionales; además de su geometría, se identifica su posición espacial, los materiales a utilizar en sus diferentes caras y núcleo, la posibilidad de cambiar el modelo estándar de sus componentes por otros más específicos en diseño, la obtención de cantidades y su posterior coste

Con el nuevo sistema la *entidad* del CAD será sustituida por el *objeto* paramétrico del BIM [130]

Según [97], BIM debe tener las siguientes características:

- Digital, que permite la simulación del diseño y la construcción
- Espacial-3D, para representar mejor las complejas condiciones de la construcción que los dibujos en 2D
- Medible, datos cuantificables, medibles y consultables más que de forma visual
- Integral, encapsular y comunicar la intención del diseño, la construcción de rendimiento, constructibilidad, y secuencial
- Accesible, los datos puestos a disposición de todo el equipo del proyecto a través de una interfaz interoperable e intuitiva, incluyendo arquitectos, ingenieros, contratistas, fabricantes, propietarios, mantenimiento de instalaciones y usuarios
- Durable, los datos que reflejan las condiciones conforme a obra y sigue siendo utilizable en todas las fases de la vida de una instalación, incluyendo el diseño y la planificación, fabricación y construcción, y operaciones y mantenimiento.

Según [127], los modelos BIM tienen las siguientes características:

- Los componentes de la edificación son representaciones digitales (objetos) que están formados por gráficos y por atributos o reglas paramétricas que permiten manipularlos de una forma inteligente.
- Componentes que incluyen datos que describen cómo deben comportarse ante determinados tipos de análisis.
- Datos no redundantes de forma que los cambios efectuados en un componente, se reflejen en todas las vistas del edificio.

- Datos coordinados de forma que todas las vistas del edificio se representen de una forma coordinada.

Según [4], las características de BIM que hacen posible la adición, gestión y compartición de la información del objeto de la construcción y la simulación de tantos procesos, escenarios e hipótesis como se requiera:

Toda la información está guardada en un repositorio común (bases de datos interrelacionadas) que conforman el modelo tridimensional y que, cuando se comparte, contiene implícita toda la información del mismo.

- La información es bidireccional. Es decir, cuando se comparte y genera nueva información o modifica la existente, esta se actualiza en tiempo real y se mantiene íntegra y coherente en el modelo.
- La información es multidisciplinar, en tanto en cuanto es bidireccional y se puede usar y compartir para cubrir todos los aspectos de diseño, tecnología, economía, programación, ejecución y mantenimiento del objeto del proyecto.
- La información es parametrizada, por tanto editable y agregable, como fundamento de la bidireccionalidad
- Cada objeto tiene entidad como elemento constructivo del proyecto y se comporta como tal.
- Cada objeto tiene agregadas sus relaciones con respecto a otros elementos constructivos del proyecto.
- Cada objeto tiene la información de su situación en el proyecto.
- El modelo virtual que obtenemos en el ordenador es lo que vamos a obtener en la realidad cuando se ejecute. BIM implica la visualización del objeto del proyecto y los procesos de construcción y mantenimiento frente a la representación esquemática que se obtiene de la idea de edificio con cualquier otro sistema de representación.

El proceso de diseño y el proceso de cálculo se asocian a la misma geometría. El objetivo final de esta nueva metodología de proyectar es la simulación, la generación de una maqueta virtual que en gran medida presente una simulación previa del edificio construido. El edificio virtual genera una documentación interactiva, que permite en cada caso consultar aquellos aspectos que son necesarios conocer en cada momento [12]

Los dos pilares fundamentales de BIM son la comunicación y la colaboración [128], además se pueden resaltar otras características como son la coordinación, análisis, modelado, visualización, la colaboración y la simulación[131]

Tal y como indica Reddy, 2011, citado en [128] con la base de datos BIM, cualquier información se encuentra a un clic de distancia para un equipo.

El modelado de la información de la construcción (BIM) es visto para ofrecer soluciones a muchas de las ineficiencias y fallos sistémicos inherentes a la industria de la construcción [119] [120]

Interoperabilidad

La variedad de software empleado durante el proceso de construcción es muy amplia. Esto unido a las distintas disciplinas que intervienen, como ya hemos visto dificulta la comunicación. Por tanto, es necesario el uso de alguna forma de transmitir la información que se genera a lo largo del ciclo de vida de un edificio, por cada uno de los diferentes software empleados en las disciplinas correspondientes. El correcto intercambio de datos se hace cada vez más importante en los entornos colaborativos en los que se lleva a cabo el desarrollo de los proyectos.

La *interoperabilidad* se define como la capacidad de intercambio y uso de información. También es la capacidad de diferentes software para comunicarse entre sí y trabajar juntos sin problemas [90]

Con este propósito, en 1995 se funda la Industry Alliance for Interoperability (IAI)²⁰, que más adelante pasa a denominarse como BuildingSMART²¹. Y crea el formato *IFC*²² (de las palabras inglesas “Industry Foundation Classes), para facilitar la interoperabilidad en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción.

El formato de archivo Industry Foundation Classes (IFC), de especificación abierta, es un modo estándar de intercambio de objetos en la industria de la construcción para evitar la pérdida de información al transferir archivos entre diferentes aplicaciones. Entre los beneficios que se pueden destacar es que facilita la comunicación entre los diferentes agentes que intervienen en el proceso constructivo que permite dar soporte a la interacción entre ellos mediante un formato estándar. Este formato de archivo de código abierto fue aprobado por la Organización Internacional de Normalización como una especificación pública disponible (ISO/PAS 16739)

Así la mayor parte de las aplicaciones CAD y BIM, pueden exportar e importar archivos IFC. Con la principal pretensión de reducir la pérdida de información durante la transmisión de información. Los datos que definen el modelo constructivo sólo tienen que ser introducidos una sola vez, por el profesional responsable de esa disciplina, y son compartidos con los demás agentes intervinientes. Con todo ello se consigue un aumento de la calidad, la reducción de costes, así como una consistencia en la información durante todo el ciclo de vida de las construcciones.

²⁰ IAI, alianza internacional para la interoperabilidad

²¹ BuildingSMART sustituye a la Alianza Internacional para la Interoperabilidad (IAI). Es una alianza de organizaciones cuyo objetivo es llevar a cabo un cambio coordinado hacia la mejora de la productividad y la eficacia en el sector AEC en la gestión de la construcción y las instalaciones

²² El formato IFC tiene certificado ISO y se puede integrar en cualquier política de garantía de la calidad de la que disponga la oficina técnica

La creación de estándares como la norma ISO 16739:2013²³, Industry Foundation Classes (IFC) para el intercambio de datos en las industrias de la construcción y gestión de instalaciones... ayudará a la adecuada implantación de BIM en los distintos países.

Diferencia entre Nivel de detalle y Nivel de desarrollo

A medida que el uso de BIM se va difundiendo aparecen nuevos conceptos, en este apartado vamos a ver la diferencia entre Nivel de detalle y Nivel de desarrollo.

En un principio, la empresa VICO, encontró necesario definir el concepto Nivel de detalle más conocido por su acrónimo LOD²⁴. Este término hace referencia a la cantidad de información que contienen los elementos que forman un modelo BIM. Sin embargo, a este concepto le faltaba dar valor a la información contenida. Así en 2008, el American Institute of Architects²⁵ y basándose en el concepto de Nivel de detalle, precisa el concepto de Nivel de desarrollo. Ambos se conocen con el mismo acrónimo LOD. Se define Nivel de desarrollo o madurez de información a la calidad de la información contenida en los elementos que componen el modelo. Es decir, debe haber cantidad y calidad de información suficiente en cada nivel del modelo como para satisfacer el trabajo que se va a desarrollar (AIA 2013).

Según la guía uBIM, la definición de los niveles de desarrollo (LOD) sirven para sistematizar y unificar el grado de fiabilidad de la información contenida en un modelo BIM [132].

²³ http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=51622

²⁴ Level of Detail, Nivel de detalle

²⁵ American Institute of Architects, en adelante AIA

Este marco de referencia de la AIA tomó forma definitiva en el 2013, con la publicación de su G202-2013 Building Information Modeling Protocol Form²⁶, en el que se fija que es el promotor quien debe establecer el nivel de desarrollo del proyecto en cada hito o entregable y para la compartición de la información con el resto de agentes intervinientes en la obra [81].

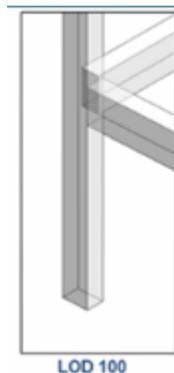
A continuación se resumen las características del modelo y los usos autorizados según el nivel de desarrollo del mismo. Además se incluye la correspondencia con la fase de proyecto y una representación gráfica para cada uno de los LOD. Se toma como base el Document G202-2013 Project Building Information Modelling Protocol Form, la interpretación del BIMForum [133] y las guías UBIM.

⊙ LOD 100

Características del modelo: El modelo aportará una visión general de su geometría, altura, área, volumen, localización y orientación.

Interpretación del BIMForum²⁷: los elementos no son representaciones geométricas.

Interpretación guías UBIM: Nivel de desarrollo más bajo del modelo BIM, propio de fases iniciales como estudios previos o anteproyecto, de cara a valorar alternativas formales, espaciales o de otro tipo. El alcance o fiabilidad del modelo se limita a la volumetría exterior más básica.



Usos autorizados: Análisis, estimación de costes, planificación temporal

Fase de proyecto: Fase Conceptual. Puede servir como estudio de viabilidad

⊙ LOD 200

²⁶ <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab099086.pdf>

²⁷ BIM Forum, asociación de varias entidades estadounidenses (AGC, AIA, ...) para facilitar y acelerar el uso de BIM

Características del modelo: Es el nivel en el que se define gráficamente el elemento. Sistemas, objetos o montaje genérico con, aproximadamente, las mismas cantidades, tamaños, forma, localización y orientación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica



Interpretación del BIMForum, En este LOD elementos son marcadores de posición genéricos. Pueden ser reconocibles como los componentes que representan, o pueden ser volúmenes para la reserva de espacio. Cualquier información derivada de LOD 200 elementos deben considerarse aproximados

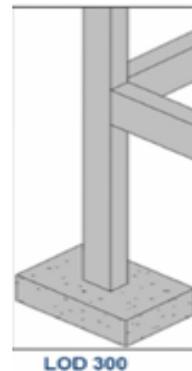
Interpretación guías UBIM, Nivel de desarrollo del modelo BIM en el que queda definida la volumetría básica exterior e interior del edificio y sus usos. Se pueden extraer y verificar parámetros urbanísticos, superficies útiles y construidas. Este nivel es el que se suele adoptar para realizar en España el proyecto básico. La posición de los objetos arquitectónicos suele quedar definida, pero no sus dimensiones, que en esta fase suelen ser aproximada

Usos autorizados: Análisis, estimación de coste, planificación temporal, coordinación

Fase de proyecto: no corresponde

⊙ LOD 300

Características del modelo: El modelo está representado gráficamente por un sistema, objeto o montaje específico, en términos de cantidad, tamaño, forma, localización y orientación. Puede asociarse al elemento información no gráfica.



Interpretación del BIMForum, La cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación del elemento diseñado como puede ser medido directamente del modelo sin hacer referencia a la información no modelada como notas o llamadas

Interpretación guías UBIM, Nivel de desarrollo del modelo BIM en el que la disciplina arquitectónica del edificio queda completamente definida. Las

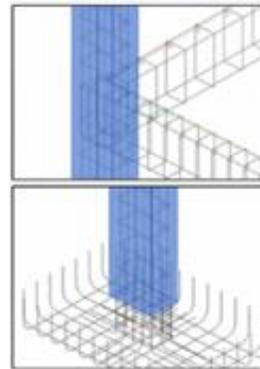
dimensiones y posición de cada objeto arquitectónico son ya las definitivas. Pueden extraerse mediciones precisas

Usos autorizados, Análisis, estimación de costes, planificación de tiempos, coordinación. Los elementos incluyen ya aspectos operativos generales

Fase de proyecto: ANTEPROYECTO o PROYECTO BÁSICO

⊙ LOD 350 y 400

Características del modelo, El modelo está representado gráficamente por un sistema, objeto o montaje específico, en términos de cantidad, tamaño, forma, localización, orientación e interfaces con otros sistemas del proyecto. Puede asociarse al elemento información no gráfica Se incluye el nivel de detalle necesario para la plena coordinación. Muestra cómo los elementos van a ser montados o fijados.



Es equivalente al LOD 300 pero incluyendo la detección de interferencias entre los distintos elementos.

Interpretación del BIMForum (LOD 350), se modelan las piezas necesarias para la coordinación del elemento con elementos cercanos o adjuntos. Estas piezas se incluyen artículos tales como soportes y conexiones. La cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación del elemento diseñado como puede ser medido directamente del modelo sin hacer referencia a la información no modelada como notas o llamadas

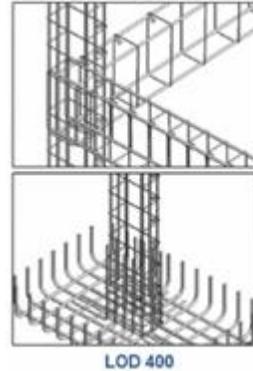
Interpretación guías UBIM, (LOD 400) Nivel de desarrollo en el que se incorpora información adicional de otras disciplinas sobre la arquitectónica, como instalaciones, estructuras, materiales, coordinación y similares. Este nivel correspondería al proyecto de ejecución, todo el proyecto queda definido, y serviría para obtener ofertas de constructores e industriales de cara a la construcción

Usos autorizados, Análisis, programación y coordinación del proyecto. Análisis, estimación del coste, planificación de tiempos, coordinación. Se incluyen datos referentes a la fabricación, instalación y aspectos operativos generales

Fase de proyecto: PROYECTO DE EJECUCIÓN

⊙ LOD 400 y 500

Características del modelo, El elemento objeto está definido geoméricamente en detalle, así como su posición. El elemento del modelo es una representación fiel en términos de tamaño, forma, localización, cantidad y orientación del proyecto ya finalizado. Puede asociarse al elemento información "no gráfica".



Se verifica la información de este nivel en relación al proceso constructivo finalizado ("as built") y no es aplicable a todos los elementos del proyecto

Interpretación del BIMForum (LOD 400). Un elemento LOD 400 se modela en suficiente detalle y precisión para la fabricación del componente representado. La cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación del elemento diseñado puede ser medido directamente del modelo sin hacer referencia a la información no modelada como notas o llamadas.

Interpretación guías UBIM (LOD 500). Nivel de desarrollo del modelo BIM que se obtiene una vez construido el edificio y que recoge todos los cambios y modificaciones que se han ejecutado realmente en obra sobre el nivel LOD 400. Sirve para gestionar el edificio y documentar operaciones de mantenimiento

Usos autorizados: El uso del nivel LOD 500 está vinculado al futuro y puede incluir: determinación de estado actual, especificaciones y aprobaciones de productos, uso y mantenimientos directos o indirectos, gestión y explotación, así como renovaciones y modificaciones

Fase de proyecto: PROYECTO "AS BUILT"

En la tabla 4, se muestra un resumen de los usos y la información contenida en cada uno de los LOD detallados anteriormente.

Tabla 4. Resumen de los usos e información contenida en los LOD.

Nivel de desarrollo	Uso del modelo	Información del modelo
LOD 100	Análisis, estimación de costes, planificación	Los elementos no son representaciones geométricas. El modelo se limita a la volumetría exterior más básica
LOD 200	Análisis, estimación de coste, planificación, coordinación	Definición gráfica de los elementos. Dimensiones aproximadas. Contenido de información no gráfica.
LOD 300	Análisis, estimación de costes, planificación, coordinación. Los elementos incluyen ya aspectos operativos generales	Representación gráfica completa. Definición específica de los elementos. Se pueden extraer mediciones exactas
LOD 400	Análisis, programación y coordinación del proyecto. Análisis, estimación del coste, planificación, coordinación. Se incluyen datos referentes a la fabricación, instalación y aspectos operativos generales	Se incluye el nivel de detalle necesario para la plena coordinación del elemento con elementos cercanos o adjuntos
LOD 500	Se puede incluir: determinación de estado actual, especificaciones y aprobaciones de productos, uso y mantenimientos directos o indirectos, gestión y explotación, así como renovaciones y	El elemento objeto está definido geoméricamente en detalle, así como su posición definitiva.

	modificaciones	
--	----------------	--

Hay una tendencia generalizada a establecer correspondencia entre el Nivel de desarrollo y la Fase de ejecución de un proyecto, para facilitar la comprensión de y aplicación de estos conceptos a la realidad. Tal y como se muestra en la tabla 4, se establece dicha relación entre fases de proyecto, los LOD que se acaban de definir, las dimensiones del BIM.

Tabla 5. Relación LOD/D BIM/Modelo Tradicional. Interpretación de la correspondencia entre fases. Fuente: [81]

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

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la propia *LOD Specification* advierte de la no correspondencia entre LOD y fases de proyecto, además de indicar que los LOD son aplicables a elementos y no deberían ser usados para catalogar la totalidad del modelo:

There is no strict correspondence between LODs and design phases. Building systems are developed at different rates through the design process – for example, design of the structural system is usually well ahead of the design of interior construction. At completion of the schematic design phase, for

example, the model will include many elements at LOD 200, but will also include many at LOD 100, as well as some at LOD 300, and possibly even LOD 400.

Similarly, there is no such thing as an “LOD XXX model”. *As previously stated, project models at any stage of delivery will invariably contain elements and assemblies at various levels of development. As an example, it is not logical to require an “LOD 200 model” at the completion of the schematic design phase. Instead, the “schematic design model deliverable” may contain modeled elements at various levels of development”*²⁸

Las dimensiones del BIM

La característica de BIM que en primer lugar llama la atención es la modelar los elementos en 3D, en lugar de dibujar su representación bidimensional como se ha venido haciendo hasta ahora con el uso de las herramientas CAD. Esto permite trabajar con ambas dimensiones 2D y 3D de manera rápida, pues el modelo tridimensional se crea de manera automática. Sin tener que dedicar tiempo extra a crear modelos 3D que aporten visualización espacial lo más cercana a la realidad posible. Sin embargo, una vez que se tiene un conocimiento básico de la herramienta, se percibe que el potencial de esta tecnología abarca mucho más. La capacidad visual que brinda el uso correcto de BIM, en muchas ocasiones ensombrece las ventajas y beneficios que en verdad puede ofrecer para mejorar la industria. Lo realmente importante de esta nueva tecnología BIM es la capacidad de almacenar información tanto gráfica como textual. Esta información establece la relación de cada elemento con el resto de los que forman el proyecto, independientemente de la disciplina a la que pertenezca. Además se actualiza de manera automática y

²⁸ Se puede consultar en <http://www.sanchez-matamoros.com/blog/2015/1/14/breve-introduccion-a-los-niveles-lod-en-modelos-bim>

en tiempo real, con la incorporación o modificación de nuevos datos. Así la base de datos que se va formando a la vez que se va elaborando el modelo es la principal característica que hace de BIM tanto una tecnología como una metodología de trabajo.

A medida que se va incluyendo información al modelo tridimensional se puede ir creando lo que se llaman modelos nDimensionales, en función de las variables que se tengan en cuenta. Fue [127] quien definió esta capacidad multidimensional de los modelos de construcción como modelos "nD", dando a entender con la "n", su capacidad para añadir un infinito número de dimensiones.

Así pues, agregando información se pueden crear los siguientes modelos:

- *Modelo 3D*, es el modelo más básico en variables, en él se contemplan la información en las 3 dimensiones espaciales.
- *Modelo 4D*, en el que se aporta al modelo 3D la variable tiempo. Que permitirá tener un seguimiento de la planificación temporal.
- *Modelo 5D*, en el que se incluye al modelo 4D, el coste. Posibilita tener un control real del presupuesto de proyecto.

Algunos autores (Smith, 2014), añaden otras dimensiones, obteniendo así, *modelos 6D*- al añadir a las anteriores la dimensión "mantenimiento"- *modelos 7D*- al añadir la dimensión "sostenibilidad"-, e incluso llegan a *modelos 8D*- al añadir la dimensión "seguridad"-. Sin embargo, más allá de los modelos 5D, no existe un consenso unánime en cuanto a las denominaciones de estos modelos y qué variables se asocian a cada dimensión [134].

Las dimensiones de BIM son su esencia y principal virtud frente al modelo tradicional de gestionar el proceso proyecto-construcción-explotación (Lee, Wu et al. 2005) citado en [81]

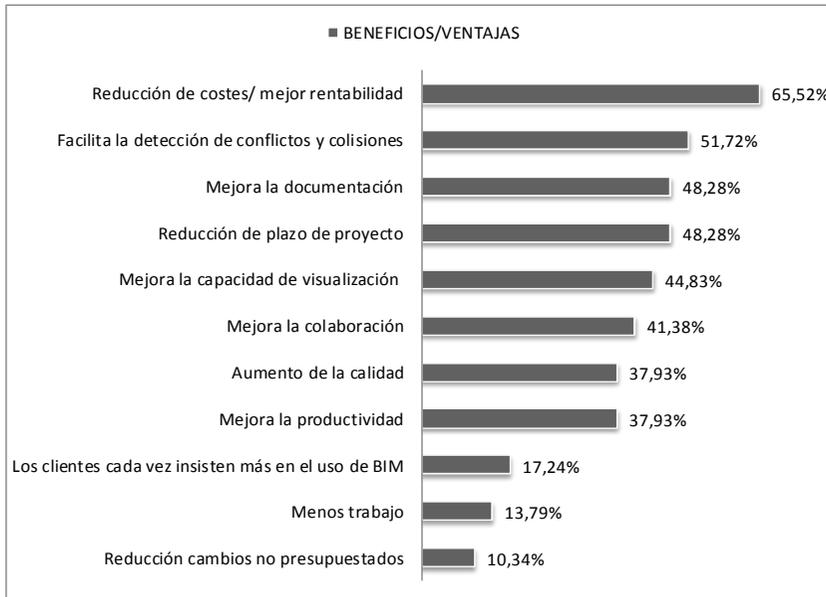
Beneficios y retos de su uso

Mucha es la literatura que versa sobre los beneficios y las barreras que supone la puesta en práctica de la tecnología BIM en el desarrollo profesional. La principal característica de BIM que ayuda a obtener ventaja sobre otro sistema es la Información. La diferencia clave entre BIM y CAD es que un sistema CAD tradicional utiliza muchos documentos 2D separados para explicar un edificio. Estos documentos son creados por separado y no tienen conexión inteligente entre ellos. La posibilidad de datos no coordinados es muy alta. La gestión de cambios creado por CAD es un proceso tedioso y propenso a errores. BIM toma un enfoque diferente: Reúne toda la información en una sola ubicación y entrecruza los datos entre objetos asociado [90]

Se han analizado una muestra de 29 estudios, publicaciones y encuestas, pertenecientes a distintos países entre los años 2008-2016, para obtener una idea sintetizada de cuáles son las principales ventajas que diseñadores, empresarios, propietarios, etc. ven en el uso adecuado de BIM o cuáles son las ventajas que les impulsa a usar esta tecnología. Tal y como se observa en el gráfico 6, la "Reducción de costes y mejora de la rentabilidad" es la más nombrada en la literatura de referencia con un alto porcentaje, más de 6 casos de cada 10. En poco más de la mitad de los casos aparece una ventaja referida a la "detección de conflictos y reducción de errores". Y en prácticamente la mitad de los casos, hacen referencia a la ventaja que supone para la "mejora de la documentación/información" y la "reducción del plazo de proyecto".

El efecto que BIM supone para la comunicación entre los participantes del proyecto, se consideró positivo en todos los casos estudiados [135].

Gráfico 6. Resumen ventajas uso de BIM. Elaboración propia a partir de varios autores

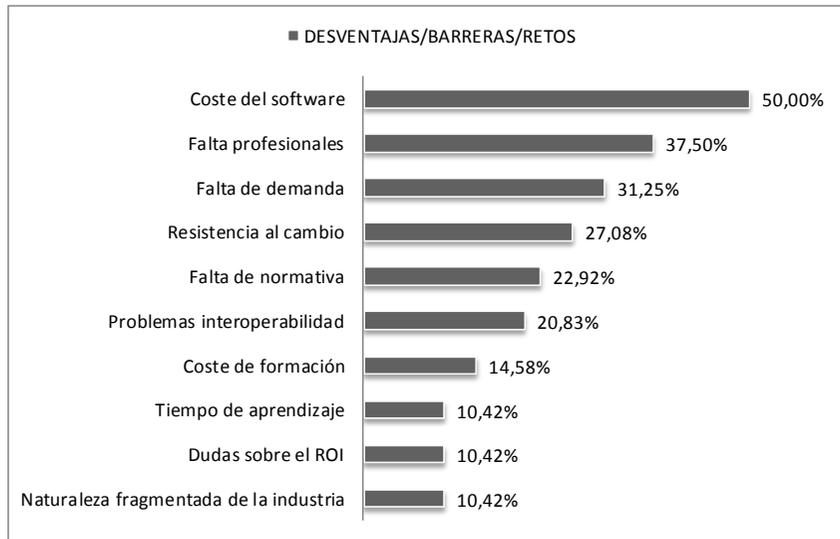


(En el ANEXO correspondiente se expone el listado completo de ventajas y la referencia bibliográfica en la que aparece)

Por otro lado también se quiere indicar aquí, los principales retos a los que se enfrenta el sector durante la integración de la tecnología BIM por parte de los integrantes del sector.

Para analizar las desventajas del uso de BIM se han tenido en cuenta las indicadas en 48 estudios, publicaciones o casos reales en los que se reflejan las dificultades a las que han tenido que hacer frente los usuarios o las barreras que suponen para los no usuarios. En el gráfico 7 se hace un resumen de las desventajas más repetidas en la literatura.

Gráfico 7. Resumen barreras para el uso de BIM. Elaboración propia a partir de varios autores



La dificultad más destacada es el "Coste del software", indicada en la mitad de lo bibliografía consultada. Seguido de la "falta de profesionales formados en este campo" y de la "Falta de demanda de los clientes".

Otra de las barreras, pero indicada en menos casos, es la de "Mandatos y protocolos de estandarización". Sin embargo, ésta puede ayudar a superar otros obstáculos indicados en los estudios, por ejemplo "la falta de demanda de los clientes" o "la resistencia al cambio". Esto se ve confirmado por un estudio realizado recientemente, que reveló que el factor más crítico para la implementación con éxito de BIM es el liderazgo y la coordinación nacional para maximizar la eficiencia y evitar los numerosos problemas creados por enfoques parciales y desarticulados. Los mandatos gubernamentales parecen ser los más eficaces, tal y como ha ocurrido en Estado Unidos, Reino Unido y Singapur, que han tenido un gran éxito como impulsores del uso de BIM en la industria [136]. Y por otro estudio en el que el 92,63% de los encuestados cree que los gobiernos deben desempeñar un papel muy importante en el proceso de implementación BIM [60].

"También la profesión condiciona las respuestas. Los arquitectos señalaban la mejora de la productividad como la principal ventaja del BIM mientras los

ingenieros se decantaban por la reducción de conflictos y cambios que posibilita durante la construcción" [137]

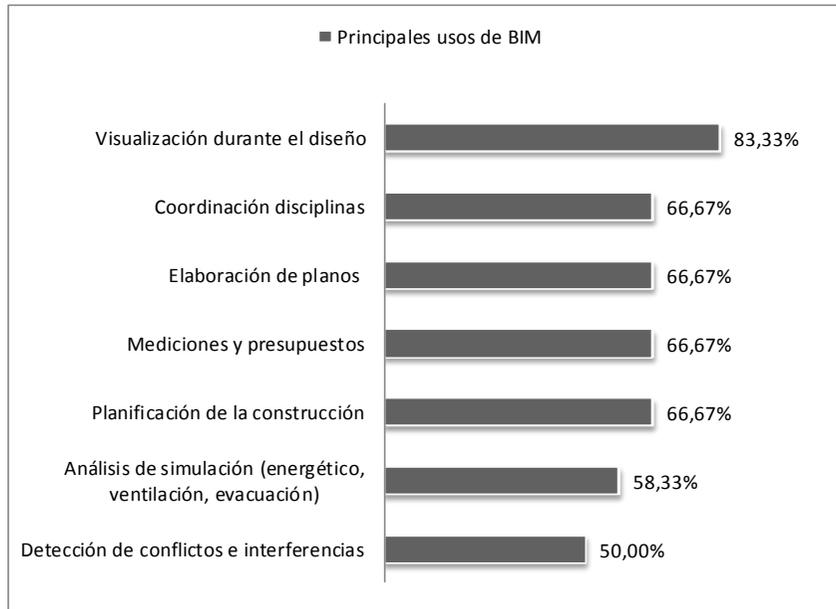
Principales usos

El objetivo principal uso de BIM es gestionar de forma eficiente la información producida durante el proceso de construcción y permitir una gestión de la construcción más eficaz a través de una mejor comunicación y colaboración [71]. Tal vez el punto más importante es que el uso de la metodología BIM mejora la capacidad de integrar todos los miembros de los equipos de proyecto. Por tanto el concepto fundamental BIM que se enseña y se aprende es la colaboración [72][73], esto aporta una disminución de los tiempos de ejecución y optimización en la utilización de recursos [13].

"Las empresas están utilizando principalmente nivel 1 funcionalidades. Esto significa que para la mayoría de los proyectos el uso de la tecnología BIM es limitado a funciones tales como: marketing, producción, elaboración y propósitos de visualización" [138]

Al igual que en el apartado anterior, también se han seleccionado mediante el análisis de documentos publicados, los principales usos que se están haciendo de BIM en la práctica profesional. Se puede apreciar en el gráfico 8, que existe poca variación entre los resultados obtenidos, variando poco el porcentaje de aparición de cada uso en los estudios.

Gráfico 8. Principales usos de BIM



Así el principal uso que los profesionales del sector hacen de BIM es para tareas de "Visualización", esto es normal pues la facilidad que ofrece esta tecnología para la representación 3D y lo que esto supone para la interpretación de los diseños es muy grande.

En segundo y tercer lugar aparecen las tareas de "Coordinación de disciplinas", debido a la característica que tiene para almacenar datos, en el que se pueden introducir la información de cualquier especialidad que interviene en el proyecto. Y "Elaboración de plano", al estar toda la información coordinada las representaciones 2d para realizar los planos son prácticamente automáticas, siendo además esta tarea en la que más tiempo se emplea con el uso de las herramientas actuales, herramientas CAD.

El resto de usos más reseñados por la literatura consultada son "Mediciones y presupuestos", "Planificación de la construcción", "Análisis de simulación" y "Detección de conflictos e interferencias".

Todas estas tareas para las que se emplea principalmente BIM afectan de manera directa a la productividad del sector. Son tareas que con las herramientas que hasta ahora se emplean en el sector son difíciles de llevar a

cabo y si se hacen es consecuencia inmediata un mayor tiempo dedicado e incluye de manera inherente el riesgo de cometer errores. Puesto, que la información de todo el proyecto, no está conectada de manera inteligente.

Las fases del proyecto de construcción donde más se emplean herramientas BIM son la fase de Diseño y en la fase de Pre-construcción (detalle...) [103]

Tabla 6. Usos de BIM en cada fase del proyecto. Fuente: Adaptado de <http://bim.psu.edu/Uses/>

Estudio previo	Diseño	Construcción	Funcionamiento
	Modelado de las condiciones existente		
	Estimación de costes		
	Planificación de fases		
	Programación		
	Análisis de la obra		
	Revisión del diseño		
	Creación de diseños		
	Análisis estructural		
	Análisis de iluminación		
	Análisis de energía		
	Análisis mecánico		
	Análisis otras ingenierías		
	Evaluación certificación		
	Coordinación 3D		
		Uso planificación de obra	
		Diseño sistema de construcción	
		Fabricación digital	
		Planificación y control 3D	
			Modelo de registro
			Programación del mantenimiento
			Análisis del sistema constructivo
			Gestión de activos
			Gestión/Seguimiento del espacio
			Planificación siniestros
	<p>■ Uso primario de BIM</p> <p>■ Uso secundario de BIM</p>		

Algunos autores indican que los avances en la tecnología de smartphones y tablets permitirá a los usuarios utilizar instantáneamente modelos BIM para las comunicaciones y la toma rápida de decisiones [128].

En el estudio realizado por [60], el software BIM más utilizado por la mayoría con un 90% es REVIT.

En referencia al uso de BIM, cabe indicar que varía según la figura que represente en el proceso del proyecto constructivo. Así se muestra en la tabla 7, los usos de BIM son distintos para los diferentes participantes [128]:

Tabla 7. Uso de BIM según los participantes en el proyecto. Fuente [128]

USO	PROMOTOR	PROYECTISTA	CONTRATISTA	GESTOR DE LA INSTALACIÓN (Facility Manager)
Visualización	X	X	X	X
Análisis de alternativas	X	X	X	
Análisis de sostenibilidad	X	X		
Mediciones		X	X	
Estimación de costes	X	X	X	
Logística en obra	X		X	
Programación		X	X	
Análisis de viabilidad constructiva		X	X	
Simulación de edificios	X	X	X	X
Gestión de edificios	X			X

Países con mayor integración

Tras realizar una extensa revisión bibliográfica sobre BIM (Building Information Modeling) para la realización de este trabajo de investigación, queda muy claro hacia dónde va el futuro, en muchos países ya es presente, de la industria AEC (Architecture Engineering and Construction). Profesionales del sector de la construcción admiten que el concepto básico de BIM es sólido y es la dirección en el que la industria de AEC necesita moverse [88].

Estas nuevas tendencias están siendo apoyadas por algunos gobiernos que ya requieren el uso de BIM para proyectos de construcción financiados con fondos públicos, lo que ha supuesto un marcado incremento en la aplicación BIM de los principales mercados del sector [136]. Si bien, la participación del sector privado en iniciativas BIM ayudan a mejorar y optimizar las capacidades de las herramientas BIM, sin el apoyo del gobierno el crecimiento no sería uniforme [139] ni tan eficaz [136]. Con esto los gobiernos pretenden impulsar la colaboración y reducir la fragmentación en la industria de la construcción [140]

Como siempre que una innovación entra en escena, la inexistencia de referencias y precedentes genera tentativas fallidas y tratamientos superficiales de dicha nueva herramienta [75]. Pero la integración de BIM en la industria AEC, cuenta ya con una trayectoria más o menos extensa dependiendo del país considerado. En unos casos veremos que las iniciativas privadas han sido las que han potenciado la difusión de BIM y en otros casos las iniciativas gubernamentales. En este apartado se describe la situación de BIM a distintos niveles.

➤ Panorama BIM internacional

Los Estados Unidos han sido durante mucho tiempo un líder global en el desarrollo e implementación de BIM en la industria de la construcción [139]. De hecho en el estudio realizado por [141] se observa el gran aumento en el número de usuarios que pasa del 28% en 2007 hasta el 71% en 2012.

Pero, según indica el Dr. Kassem²⁹ en su trabajo conjunto con el Dr. Succar, en el que han desarrollado el método de investigación para evaluar la madurez y la difusión BIM en los mercados, los países se dividen generalmente en tres niveles. El nivel superior incluye Finlandia, los Países Bajos, el Reino Unido y Singapur, seguido de los EE.UU., Alemania, Canadá y Brasil en el nivel medio, y por el sur de la UE, como Portugal e Italia, y los países de Oriente Medio, como Qatar y los EAU, en el nivel inferior.

Todos los países con mayor integración de la metodología BIM coinciden en que cuentan ya con una trayectoria de su uso y en que sus gobiernos se han implicado en la consecución de cambio dictando normativas de referencia. Al contrario ocurre con los países que se encuentran en los niveles más bajos.

En Singapur el gobierno también apoya estas metodologías. En 2008 lideró una plataforma para poder realizar las entregas de proyectos realizados con la tecnología BIM de forma electrónica. Y además exige entregar todos los proyectos del sector público en BIM a partir de 2015 [136].

El Institute for BIM de Canadá lidera y facilita el uso coordinado de BIM en lo referente a diseño, construcción y gestión dentro del ámbito canadiense.

En EE.UU., la GSA (Administración de Servicios General), dependiente del Gobierno, también obliga a utilizar BIM.

China con el apoyo del gobierno siendo incluido en el 12º Plan Quincenal e impartiendo la metodología en las universidades . Hay que tener en cuenta también que el sector de la construcción cuenta con mucho movimiento y capacidad de inversión actualmente lo que ayuda a su implementación [142].

²⁹Respuesta del Dr. Kassem: <http://www.bimplus.co.uk/news/bim-around-world-survey-results-due-teesside/>

En Australia, "los últimos años ha puesto interés en la adopción de BIM así pues se han intensificado una serie de iniciativas para involucrar e informar a las partes interesadas del proyecto sobre los posibles aumentos de la productividad y la obtención de ventajas competitivas (CIBER 2012). Estas iniciativas incluyen la elaboración de guías BIM australiana como la Guía Nacional BIM por la Especificación Nacional (NATSPEC), Directrices Nacionales para Modelado Digital "por el Centro Corporativo de Investigación para la Construcción Innovación (CRC-CI), las Normas de Revit Australia y Nueva Zelanda '(ANZRS) y las directrices y modelos BIM AUS-MEP. La organización buildingSMART sigue desempeñando un papel de liderazgo importante en el desarrollo e implementación de BIM en Australia" [136]

Según el estudio realizado en 2014 [143], los países como Japón, Corea del Sur, India, Brasil entre otros, se encuentran en la fase inicial de implantación de la metodología BIM en sus correspondientes sectores de la construcción.

➤ Panorama BIM europeo

En el estudio [144] realizado en Europa, sólo 36% de los participantes contestó haber adoptado BIM.

Existen grandes diferencias de integración de la metodología BIM en los distintos países europeos.

A la cabeza de esta revolución en la industria de la construcción europea se encuentran los países nórdicos, en los que también han tenido mucho que ver los respectivos gobiernos, con la aprobación de normativa BIM para la contratación de proyectos públicos. Fueron de los primeros países en adoptar el diseño basado en modelos y abogar por normas abiertas de interoperabilidad, han sido parte integral en el desarrollo de Industry Foundation Classes (IFC) y otras iniciativas de interoperabilidad. Los distintos gobiernos de esta región proporcionan un considerable apoyo e incentivo para el desarrollo y aplicación de la tecnología BIM. [136]

En Finlandia se exige archivos IFC en cualquier proyecto de ejecución desde 2007.

Noruega y Suecia potencian el uso de BIM desde la universidad. El gobierno noruego desde su departamento de obras públicas (Statsbygg) exige su uso en todos sus edificios

En Dinamarca se exige el uso de modelos BIM en los proyectos públicos de más de 1 M\$, desde el año 2007

En Holanda, es obligatorio el uso de BIM para todos los proyecto de la Agencia de los Edificios del Gobierno (Rijksgebouwendienst ³⁰) desde 2011.

En Reino Unido, desde el anuncio del gobierno en 2011 que requeriría el uso de BIM en los proyectos públicos a partir de 2016, se ha visto un fuerte crecimiento de su uso en la industria de este país.

En el resto de países, el uso de BIM ha venido de la mano principalmente de la iniciativa privada. Sin embargo, a partir de marzo de 2014, se suma a esta tendencia el Parlamento Europeo con la Directiva 2014/24/UE de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública, en su Artículo 22(4): *"Para los contratos públicos de obra y concursos de proyectos, los Estados miembros podrán exigir herramientas electrónicas específicas, como herramientas de diseño electrónico de edificios o herramientas similares..."*. Y anuncia que los estados miembros podrán solicitar el uso de BIM y el empleo digital en la contratación pública para el año 2016 (DOUE, 2014) citado en [145]

En Francia, comienza la iniciativa BIM en 2014 y fija un uso obligatorio de BIM a partir de 2017 en Edificación³¹

³⁰ Rijksgebouwendienst, de manera abreviado RGD, la agencia de los edificios del Gobierno holandés.

³¹ <http://www.archicadcentersolutions.com/blog/2015/02/11/reforma-bim-francesa/>

En Alemania, se pone en marcha el plan de implantación BIM en 2015, impulsado por el sector privado y apoyado por el gobierno a través de una serie de obras piloto³²

➤ Panorama BIM nacional

En nuestro país, el uso de BIM es prácticamente imperceptible, si bien se trata de un término ampliamente conocido y de plena vigencia en revistas especializadas, su implementación en empresas españolas es todavía muy incipiente [137].

De hecho no se tienen datos publicados en referencia al estado de implantación de la metodología BIM en España. Sólo en 2011, el trabajo fin de máster realizado por [95], en el que se realiza una encuesta por internet. Se obtuvo como resultado que el 56% de los participantes expresó no tener conocimientos o tener muy pocos conocimientos sobre BIM. Pero fue alentador que el 92% lo consideraran importante o muy importante su aplicación.

Sin embargo ya se están dando pasos en la dirección adecuada para no quedar rezagada la industria de la construcción en España.

"Existen algunos grupos de iniciativa privada que intentan potenciar el intercambio de información como el Grupo de Usuarios Revit de Valencia (GURV), creado en 2010 y con sede de reuniones en la Escuela Técnica de Ingeniería de la Edificació, en la Universidad Politécnica de Valencia.

En Cataluña, el Colegio de Aparejadores de Barcelona (CAATEEB), BIM Academy, la Generalitat de Cataluña y el Ayuntamiento de Barcelona han presentado conjuntamente el Manifiesto BIMCAT Barcelona (13 de Febrero de 2015) por el que se pretende que para 2018 "Los equipamientos y la Infraestructuras públicas de presupuesto superior a 2M euros deberán producirse en BIM en las fases de Diseño a Construcción) y para 2020 "todos

³² Comisión es.BIM. <http://www.esbim.es/descargas/>

los equipamientos y las Infraestructuras públicas deberán producirse en BIM en todas las fases, Diseño- Construcción- Operación (Mantenimiento y Facility Management)" [142]

El hecho más destacable que va en la dirección de la corriente internacional BIM, es que en Julio de 2015³³, el Ministerio de Fomento crea la Comisión BIM. "Esta comisión nace para impulsar la implantación de BIM en el sector de la construcción española, fomentar su uso en todo el ciclo de vida de las infraestructuras, sensibilizar a las administraciones públicas en el establecimiento de requisitos BIM en las licitaciones de infraestructuras, establecer un calendario para adaptación de la normativa para su empleo generalizado, desarrollar los estándares nacionales que posibiliten su uso homogéneo y realizar el mapa académico de formación de esta metodología en España"³⁴

Gráfico 9. La hoja de Ruta de la Estrategia Nacional en España



Existe un Comité de Normalización sobre BIM, comité AEN/CTN41/SC13³⁵

³³ www.esbim.es

³⁴ <http://www.fomento.gob.es/MFOMB Prensa/Noticias/El-Ministerio-de-Fomento-constituye-la-Comisi%C3%B3n-la/1b9fde98-7d87-4aed-9a46-3ab230a2da4e>

³⁵ <https://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/15-11->

04_BIM/2_El_presente_y_futuro_del_BIM_en_Espa%C3%B1a_y_Europa_BUILDINGSMART_SPANISH_CHAPTER

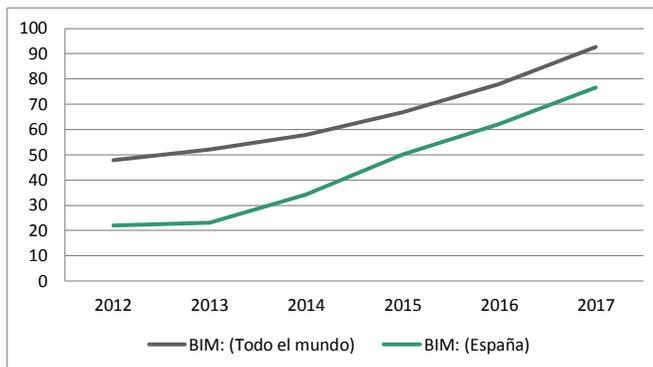
En un estudio realizado recientemente, "el 92.63% de los encuestados cree que los gobiernos deben desempeñar un papel muy importante papel en el proceso de implementación de BIM y darle el debido reconocimiento, lo que indica que los encuestados tenían expectativas de apoyo del gobierno"[60]

Auge de la metodología BIM

La primera ola de la aplicación BIM que golpeó la industria AEC fue a partir de mediados de los 90, como una forma de superar la baja productividad de la construcción y otras barreras que obstaculizan la innovación en la industria [37].

Una muestra de este rápido crecimiento en interés por la tecnología BIM se muestra mediante un gráfico a continuación, en el que se aprecia la tendencia ascendente de la búsqueda en internet del término BIM en los últimos 5 años.

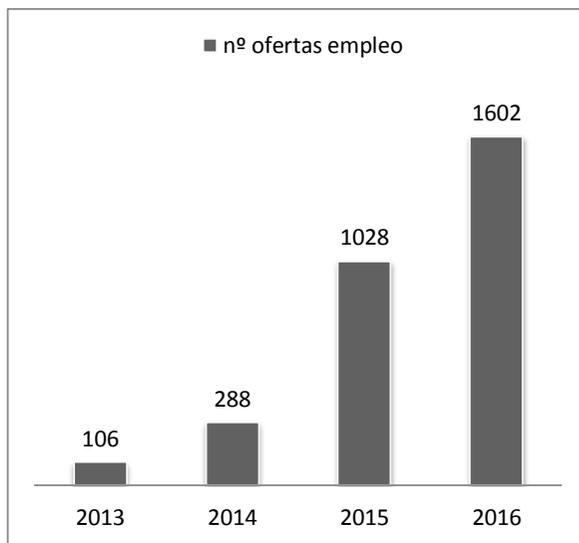
Gráfico 10. Búsqueda término BIM España vs Mundo. Elaboración propia



Es indiscutible el gran auge que está teniendo BIM en el sector de la construcción de muchos países, siendo cada vez más frecuente que se requieran habilidades o conocimientos de esta metodología de trabajo para el desarrollo de la actividad profesional.

La demanda de profesionales con conocimientos y habilidades BIM es ya de bastante consideración, a nivel internacional, como para tenerlo en cuenta. Tal como se ve en el gráfico 11, ofertas de empleo LinkedIn, se aprecia que el crecimiento del número de ofertas de empleo es muy significativo. Según Barison [122], en su reciente tesis sobre el tema, hace mención también al de la demanda de profesionales especializados en Tecnología de la Información (TI) que aplicado al sector se particulariza en conocimiento de BIM

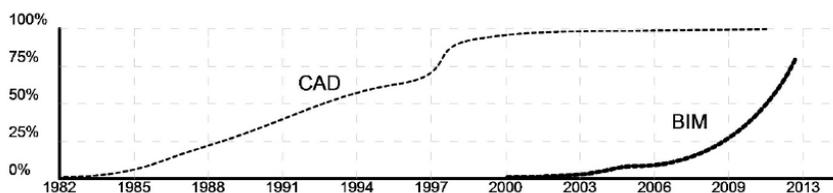
Gráfico 11. Ofertas de empleo LinkedIn. Sacks, R., Pikas, E.[121] y elaboración propia



El cambio está barriendo el mundo. Los equipos de proyecto se están beneficiando de las comunicaciones más rápidas, ordenadores más pequeños, más potentes y móviles, robustas herramientas de modelado digital, y un cambio transformador hacia procesos de entrega integrados, todos los cuales están generando resultados positivos, eficiencias y beneficios inimaginables hace sólo unos años [143].

Las TIC están lo suficientemente desarrolladas como para ofertar soluciones adaptadas a las necesidades de la industria [9]. Se dan las condiciones necesarias para la integración/adopción de esta nueva metodología, en la que el principio de compartición de la información es su base. Desde hace unos años la manera de comunicación y transmisión de la información ha sufrido un gran cambio en todos los ámbitos de la vida. Empujados por la transformación que las TIC, están haciendo en toda la sociedad, el sector se ha visto obligado a ir adoptándolas. Las posibilidades que ofrece y la facilidad de acceso a las mismas ha permitido que cada vez se use más. Aunque parte de la literatura existente hace referencia al lento ritmo de adopción BIM, por parte de la industria, otros autores indica que esta tecnología ha ganado gran impulso en un período de tiempo relativamente corto [146] sobre todo en la última década en que la tasa de adopción está siendo rápida [136]. Al igual que indica Bilal Succar³⁶ en su blog que el ritmo de adopción de BIM se ha acelerado considerablemente en los dos últimos años y la nueva oleada de implementación tiene por objetivo la Europa continental. El siguiente gráfico muestra una comparativa de adopción CAD frente a BIM en EE.UU y U.K. En el que se aprecia cómo BIM está tardando en implementarse la mitad de tiempo que CAD.

Gráfico 12. Proceso de implementación BIM vs CAD en Reino Unido/EE.UU. BIM. Fuente: [79]



En 1998 el Informe Egan, ya propuso un cambio radical en la forma de construir. Tal vez en ese momento no se disponía de herramientas tan evolucionadas que permitiesen la adecuada gestión de la información y

³⁶ <http://www.bimthinkspace.com/spanish/>

comunicación entre los distintos participantes del proyecto. No brindaban las oportunidades actuales en las que se puede: crear, almacenar, compartir, colaborar, gestionar, analizar y modificar la información.

La industria de la construcción está adoptando de manera activa los conceptos y la tecnología BIM para beneficiarse de las mejoras que produce en la comunicación, productividad, coordinación de los planos de construcción, entrega más rápida, reducción de costos y mayor seguridad en las obras. Esto requiere profesionales de la construcción que entiendan bien la manera de utilizar BIM y llegar a ser competentes en las nuevas e innovadoras técnicas aplicadas. En consecuencia, es necesario preparar a los estudiantes con los conocimientos y habilidades BIM pertinentes, y que sean conscientes de las posibles aplicaciones BIM, para su futuro profesional en la industria de la construcción y mejorar de la productividad [147].

La evolución lógica de CAD a BIM

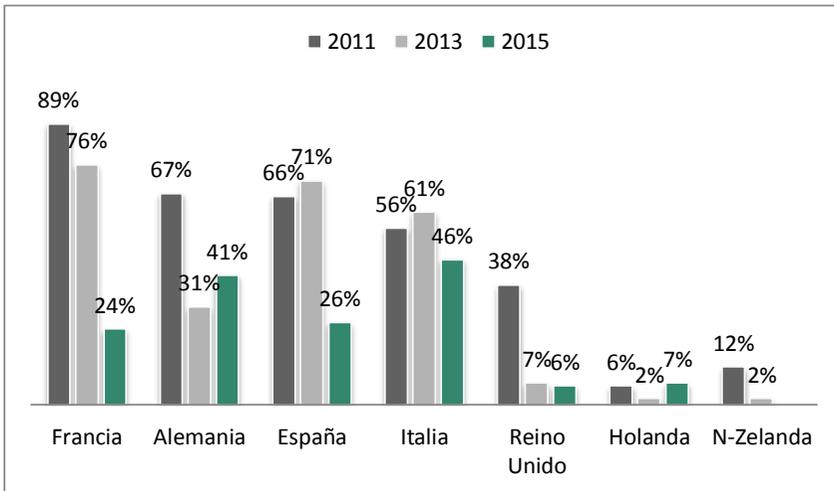
Mientras que todavía se hace un uso extensivo del software CAD en la industria AEC, como ya se ha visto en el apartado correspondiente. Parece lógico que se produzca una evolución de CAD a BIM.

La información generada en un proyecto de construcción contemporáneo se ha vuelto mucho más complicado [113][112], pero los métodos de gestión de los flujos de información no se han mejorado hasta el momento [88]. El principal objetivo de la metodología BIM es gestionar de forma eficiente la información producida en los procesos de construcción. Permite así una gestión más eficaz, mejorando la comunicación y la colaboración [71]. BIM es capaz de procesar grandes cantidades de datos de forma relativamente rápida y tiene el potencial de hacer más fácil el trabajo [90]. El aumento de productividad más relevante es en la producción de documentos de diseño, que se estima entre un 15% y un 41% [148].

Así pues, en estos últimos años la metodología BIM se está afianzando en el sector AEC de países como EE.UU, Alemania, U.K, Holanda, etc, en los que el

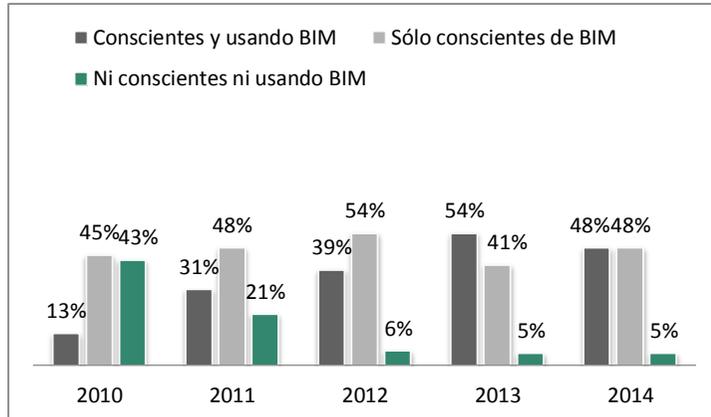
desconocimiento de esta tecnología ha disminuido de manera evidente como se muestra en el gráfico 13, Arch-vision 2013.

Gráfico 13. Evolución del desconocimiento BIM en varios países. Fuente: Arch-vision, 2013



En el gráfico 14, se observa la evolución de la implantación BIM en Reino Unido, desde 2010 se ha reducido el porcentaje de no usuarios del 43% al 5% en 2014. A su vez se observa un claro incremento de usuarios BIM de 13% en 2010 a un 54% en 2013. Este cambio mostrado en el sector de la construcción británico se debe a la obligatoriedad a partir de 2016 de emplear BIM para los contratos públicos de construcción [149].

Gráfico 14. Evolución de la conciencia de BIM en Reino Unido. Fuente: NBS-National BIM Report- 2015



Se ha producido un gran empuje del concepto BIM, de la mano de los desarrolladores de software en los últimos años, promoviendo el uso de aplicaciones como REVIT, Archicad, etc. Sin embargo, se debe hacer especial hincapié, en que el uso de las aplicaciones BIM no significa emplear la metodología BIM. Para obtener todos los beneficios que puede aportar BIM, no sólo se deben sustituir las aplicaciones CAD por los nuevos software BIM, si no que se debe modificar la forma en que se trabaja. El uso de estas aplicaciones permite desarrollar la metodología BIM. Por tanto, usar herramientas BIM es condición necesaria pero no suficiente para el empleo de la metodología BIM.

La evolución lógica, de CAD (Computer aided design) a BIM, debe ocurrir, no sólo como herramienta de diseño tridimensional sino como método de trabajo en el cual la información confluye en un modelo de datos, que permite una coordinación eficiente entre las partes involucradas en el proceso de diseño, construcción y gestión de proyectos. Esta evolución es lógica porque con las herramientas y metodologías de trabajo que se emplean actualmente en el sector de la construcción, no se pueden llevar a cabo los complejos proyectos que se desarrollan en la actualidad.

Es a la luz de la revolución tecnológica que ha transformado la sociedad actual, que resulta imperativo el desarrollo y aplicación de modelos de

producción que promuevan el trabajo multidisciplinario y colaborativo entre todos los actores involucrados en el proceso de construcción. “BIM tiene el potencial de revolucionar la industria” [150].

En la tabla 8 se indican los principales cambios que presenta el uso de la Metodología BIM frente a la metodología tradicional, basada en herramientas CAD.

Tabla 8. Metodología CAD vs BIM. Elaboración propia a partir de [79]

Metodología tradicional, uso de CAD	Metodología BIM
Desarrollo fragmentado de proyectos	Desarrollo integrado de proyectos
Comunicación quebrada	Comunicación fluida y eficaz
Información en papel y 2D	Información modelo digital
Cambios manuales	Cambios automatizados
Interpretación de diseño y funcionamiento	Construcción virtual
Trabajo independiente de cada profesional	Trabajo colaborativo
Planificación inoportuna	Planificación temprana
Modelo sin parámetros físicos	Capacidad de realización de simulaciones, análisis y propuestas de alternativas
Flujo de información intermitente	Flujo de información continuo

Progresivo uso de BIM

Khemlani indica que durante los últimos ocho años, el término BIM ha pasado de ser una palabra de moda a ser el centro de tecnología en la industria AEC [127]. De hecho, en varios estudios se evidencia esta tendencia de BIM, un

elevado porcentaje de participantes afirman que cada vez se escucha hablar más de BIM [151][152][153] [154][155].

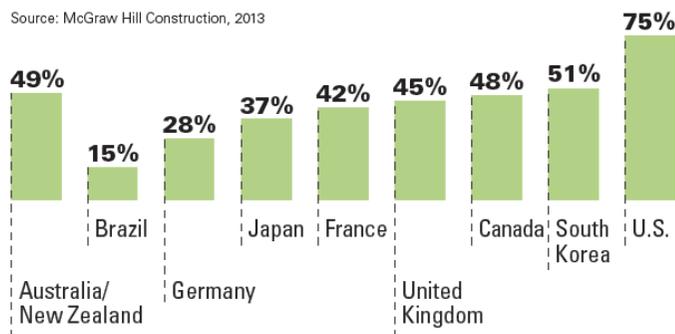
Normalmente cuando el sector público apoya el uso de BIM, se hace manera más uniforme y más coordinada. [139]

Los estudio constatan que un enfoque basado en BIM mejora los resultados de la construcción [101][156][143], principalmente en tres indicadores claves de rendimiento; la calidad, el tiempo de finalización y las unidades por hora-hombre [157].

Esta disciplina se ha convertido en herramienta indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, reducir los costes y acortar los tiempos de diseño y producción. La única alternativa para conseguir este triple objetivo es la de utilizar el potencial que ofrecen las herramientas informáticas actuales e integrarlas en todo el proceso, para reducir los costes (tiempo y dinero) en el desarrollo completo de los proyectos de construcción.

En el gráfico 15, se observa como el uso de BIM se va extendiendo cada vez a más países.

Gráfico 15. Porcentaje de usuarios BIM con más de tres años de experiencia. Fuente: [143]



La fundamentación de esta expansión se ha basado en los beneficios que proporciona su adecuada implantación. Aunque por otro lado también se presentan ciertas dificultades durante el proceso de migración. Las barreras

consideradas para llevar a cabo la implementación de BIM dependen de la experiencia de las personas implicadas. De hecho, los no usuarios consideran las barreras como más importantes que los usuario BIM [140].

BIM toma las tradicionales herramientas de proyectos de construcción basados en el papel, los pone en un entorno virtual y permite un nivel de eficiencia, comunicación y colaboración que excede los procesos de construcción tradicionales [158]). Así pues, BIM cambiará las formas tradicionales de control, coordinación y comunicación, puesto que la información estará disponible para todos los integrantes del proyecto y es mucho más fácil de encontrar en comparación con los tradicionales dibujos 2D" [159].

Una de las características principales de los software BIM, es la visualización en 3D, esto es fundamental pues permite una comprensión del proyecto libre de interpretaciones subjetivas en 2D. La importancia de la visualización como una forma de comunicación proviene de la propia constitución fisiológica: la mayor parte de nuestra comunicación interna (ideas) y la comunicación externa (Percepción de la información generada externamente) está relacionada con el ojo [160].

Hoy se asume el paso de una cultura verbal y escrita a una cultura en la que lo que predomina es lo visual, y todo gracias al desarrollo de la Informática Gráfica. Un cambio que está afectando a los campos más básicos de la sociedad: la educación, los negocios, la industria, el ocio, etc. Feito y Segura (2010) citado en [130]

Según Tobin 2008a, citado en [106] identifica 3 etapas para la adopción del nuevo paradigma BIM. Son las siguientes:

- 1- BIM 1.0, cuando los programas modeladores sustituyan esas producciones basadas en el dibujo. En esta etapa, el mayor beneficio es la mejora en la coordinación y la aceleración de la producción de documentos y el objetivo es modelar con objetos tridimensionales. Esta fase se caracteriza por

la adopción aislada del paradigma por parte de uno de los actores del proceso.

2- BIM 2.0, sucede cuando el dominio de las personas involucradas se expande más allá de la oficina de proyectos, lo que posibilita la conexión entre toda la industria AEC. En esta etapa se agregan al modelo, información perteneciente al tiempo (4D) y al coste (5D). Principales retos que hay que superar son la colaboración y la interoperabilidad.

3- BIM 3.0, llamada por el autor fase de interoperabilidad. En esta etapa, los modelos se construyen sobre una base de datos alojada centralizada en un servidor, accesible desde cualquier lugar del mundo y en el que todos los participantes pueden interactuar a través de módulos específicos de su especialidad. El logro de esta etapa es la visión interdisciplinaria que cada miembro del equipo tendrá del edificio.

Igualmente [161] también establece tres fases para la adecuada adopción de BIM. Toma como base la etapa denominada pre-BIM, donde los procesos son manuales en 2D o 3D y plantea las siguientes fases:

1- Modelado basado en objetos, se inicia la introducción del modelado paramétrico en una sólo disciplina y en un único escenario del ciclo de vida del edificio.

2- Colaboración basada en el modelo, se incluyen otras disciplinas sobre el proceso y en más de una etapa del ciclo de vida del edificio

3- Integración basada en la red, sea crean modelos ricos en información, compartida y en colaboración durante las diferentes etapas del ciclo de vida del edificio.

Las RFI (solicitud de información complementaria) pueden suponer una pérdida importante de tiempo, ya que en muchos casos su aparición se produce justo en el momento en el que debería ejecutarse o presupuestarse una partida. Hay estudios que consideran que el buen uso del BIM consigue

reducir las RFI en aproximadamente un 60% sobre un proyecto similar desarrollado de forma convencional.

2.2.5. Normativa existente en referencia a BIM

Según el informe realizado y publicado por AENOR en 2016 [162]:

"Las normas son el lenguaje común de la industria. La normalización es estratégica para optimizar recursos y poder tener una base común entre los distintos interlocutores implicados en la gestión de los proyectos

Los trabajos de normalización del modelo BIM a nivel internacional recaen en el Subcomité ISO/TC 59/SC 13, Edificación y obra civil. Organización de la información de los trabajos de construcción.

En 2015 se constituyó, el Comité Técnico CEN/ TC 442, *Building Information Modelling*. Este Comité es el encargado de la armonización BIM a nivel europeo. La Comisión Europea cofinanciará durante dos años un grupo de trabajo europeo sobre BIM, *el EU BIM Task Group*, en el que participan representantes de Administraciones Públicas (licitadores públicos, gestores de infraestructuras y gestores de activos inmobiliarios) de catorce Estados Miembro: Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Islandia, Irlanda, Italia, España, Suecia, Países Bajos, Noruega, Portugal y el Reino Unido.

El resultado del trabajo del Comité Europeo (CEN / TC 442) ha sido el desarrollado de tres estándares internacionales [163]:

- EN ISO 16739: 2016 - Industry Foundation Classes (IFC) para el intercambio de datos en las industrias de la construcción y la gestión de instalaciones.
- EN ISO 29481-2: 2016 - Modelos de información de edificios - Manual de entrega de información - Parte 2: Marco de interacción.
- EN ISO 12006-3: 2016 - Construcción de edificios - Organización de información sobre obras de construcción - Parte 3: Marco para la información orientada a objetos.

En marzo de 2011 se creó en AENOR el Subcomité AEN/CTN 41/SC 13, *Organización de modelos de información relativos a la edificación y la obra civil*. Este órgano técnico representa al sector español en Europa (CEN/TC 442 actualmente, previamente el CEN/BTWG 215) y a nivel internacional (ISO/TC 59/SC 13).

A continuación se muestra la tabla 9, en la que se hace un resumen de la estrategia, normativa, guías, actores y demás recursos que los países más avanzados en la implantación de BIM están empleando para realizar el cambio a este nuevo paradigma.

Tabla 9. Normativa BIM internacional. Fuente: Varios autores

PAÍS	INSTITUCIONES	ESTRATEGIA /OBJETIVOS/ETAPAS	NOMBRE DEL MANDATO, GUÍA O PUBLICACIÓN	FECHA CLAVE inicial	FECHA CLAVE futura	Fuente
ALEMANIA	DIN (German Institute for Standardization) VDI (Association of German Engineers) buildingSMART committee "BIM" (NA005-01-39AA)	Planenbauen 4.0	Federal Ministry of Transport and Digital Information, (2015), Road Map for Digital Design and Construction		Se regulará a partir de 2020	BICP Global BIM Study
AUSTRALIA	buildingSAMRT		Construction and operation of assets in the built environment Australia and New Zealand Revit Standards (ANZRS) National Guidelines for Digital Modelling			NATSPEC 2011
AUSTRIA	Austrian Standards Committee		ÖNORM A 6241-1 (2015)		Se regulará a partir de 2018	BICP Global BIM Study

			ÖNORM A 6241-2 (2015)			
BÉLGICA	The Belgian Building Research Institute Association of Major Belgian Contractors buildingSMART (Benelux)		Belgium Guide to Building Information Modelling (Colophone, 2015)	Sin fecha de regulación		BICP Global BIM Study
BRASIL	BIM Interdisciplinary Group BIM Brazil Network	Se está desarrollando una hoja de ruta para la implantación	A Roadmap for BIM Adoption in Brazil (Kassem, 2015) NBR 15965-1 – Construction Information Classification System			BICP Global BIM Study
CANADÁ	Canada BIM Council (CanBIM) Institute for BIM in Canada (IBC) buildingSMART (Canada)		AEC(CAN) BIM Protocol (AEC-CAN, 2014) Canadian BIM Practice Manual (CanBIM, 2015)	Sin fecha de regulación		BICP Global BIM Study
CHILE	BIM Forum Chile National Economic Development Agency (Corfo)		Chilean 10 year BIM Plan (Soto et al, 2015)		Fecha de implantación el año 2020	BICP Global BIM Study
CHINA	China BIM Union		The 12th national Five-Year Plan	2014		BICP Global BIM Study

			Unified Standard for BIM Application			
Corea del Sur (Public Procurement Service (PPS))		Aumentar la eficiencia energética Reducir los errores de diseño Reducir los costes de construcción Ayuda a la gestión de instalaciones	Guía BIM versión 1.2	2010	Se requerirá BIM en todos los proyectos a partir de 2016	McGraw Hill, 2014
DINAMARCA	Building & Property Agency under the Ministry of Climate, Energy and Building	Reducir el consumo de energía en los edificios Mejorar la productividad Acortar plazos de ejecución de proyectos Mejorar la coordinación y la comunicación entre los miembros del equipo	The Danish BIM guidelines A practical guide to BIM in construction and infrastructure projects	2007/2011		McGraw Hill, 2014
DUBAI	Dubai Municipality Emirates BIM group		Dubai Municipality 196 and 207 circular	Regulación BIM desde 2013		BICP Global BIM Study

EE.UU	GSA	NBIMS-US, National BIM Standards	2012		
	USACE	Integrated Project Delivery: A Guide			
	National Institute of Building Science	US General Services Administration BIM Guides			
	buildingSMART	AIA Document E202 BIM Protocol Exhibit			
		Penn State BIM Project Execution Planning Guide	2010		
		The VA BIM Guide – 2010	2010		
		Ohio State BIM protocol – 2011	2011		
		Georgia Tech BIM Requirements and Guidelines	2011		
		Indiana University BIM Guidelines and Standards	2009/2015		
		New York City Department of Desing and Construction BIM Guidelines			
		GSFIC BIM guide	2013		
		University of Southern California BIM Guidelines			

			BIMForum Level of Development Specification	2015		
			Building Information Modeling Site Safety Submission Guidelines and standards	2013		
ESCOCIA	Scottish Futures Trust	Building Information Modelling (BIM) Implementation Plan	Scottish BIM Implementation Plan		Se requerirá a partir de 2017	
ESPAÑA	Comisión BIM, Ministerio de Fomento buildingSMART Comité de estandarización AEN/CTN 41/SC13		Guías uBIM		Se requerirá a partir de 2018	BICP Global BIM Study
FINLANDIA	Senate Properties Confederation of Finnish Construction Industries buildingSMART	Ayuda para hacer el ciclo de vida del diseño y construcción un proceso seguro. Ayuda para hacer el ciclo de vida del diseño y construcción un proceso compatible con el desarrollo sostenible. Utilizar modelos para la gestión de instalaciones.	Requisito BIM común 2012. COBIM 2012 (son 13 guías) Finish Transport Agency-Inframodel 3 (2014) InfraBIM requirements (2015)	2007/2012		McGraw Hill, 2014 y (Kassem & Amorim, 2015) BICP Global BIM Study

FRANCIA	Gobierno Francés buildingSMART CSTB		Le Plan Transition Numérique dans le Bâtiment, (2015) Plan for the digital transition in the building industry, June 2015.		A partir de 2017	
HOLANDA	Rijksgebouwendienst (RGD) Bouw informatie Raad (BIR)	National Model BIM Implementation Plan	RVB, norma BIM versión 1.1			(Kassem & Amorim, 2015)
HONG KONG	Hong Kong Institute of BIM Hong Kong Housing Authority Real Estate Developer Association buildingSMART		Construction Industry Council, (2013) Roadmap for Building Information Modelling Strategic Implementation in Hong Kong's Construction Industry, V 1.0, September 2014 HKIBIM, (2011), Specification Hong Kong Institute of Building Information Modelling BIM Project Specification, HKIBIM Specification (Rev 3.0)	2011		
NORUEGA	Statsbygg. Ministerio de Modernización Forsvarsbygg buildingSMART Norway Norwegian Homebuilders Association	Reducir errores y omisiones Mejorar la comunicación y coordinación Ganancia de eficiencia Aumentar la eficiencia energética	Statsbygg BIM Manual 1.2.1 (2013) Norwegian Home Builders Manual Version 1.0 (2011)	2005/2013	A partir de 2016 se requerirá formato completamente interoperable y basado en OpenBIM.	McGraw Hill, 2014 (Kassem & Amorim, 2015)

		Utilizar la investigación de vanguardia, tecnologías y procesos para mejorar el entorno construido				
NUEVA ZELANDA	BIM Acceleration Committee (BAC)	New Zealand BIM Handbook A guide to enabling BIM on building projects		Sin fecha de regulación		BIC
PORTUGAL	Technical Committee for BIM standardization, CT 197 BIMCLUB University Initiative BIM task group of the Portuguese Technology Platform for construction	CT 197 have published a "Vision" and an "Action Plan" to support industry's efforts		Sin planificación BIM		BICP Global BIM Study
REINO UNIDO	UK BIM Alliance Construction Industry Council(CIC) Grupo de trabajo BIM (BIM Task Group)	Reducir los costes de construcción Reducir el tiempo de entrega de los proyectos Hacer de la industria del diseño y construcción de Reino Unido más competitiva a nivel mundial	Cabinet Office (UK), (2011), Government Construction Strategy, UK Government Cabinet Office, London BSI, (2011) A report for the Government Construction Client Group. Building Information Modelling (BIM) Working Party strategy paper BS 1192:2007	2011/2016	Obligatorio desde 2016	McGraw Hill, 2014 (Kassem & Amorim, 2015)

	buildingSMART	Ayudar a U.K. a cumplir los objetivos de reducción de emisiones de carbono para edificios	PAS 1192-2:2013			
SINGAPUR	Building and Construction Authority buildingSMART	Aumentar la productividad de la industria de la construcción entre el 20% y 30% en la próxima década Lograr el uso de BIM en un 80% de la industria de la construcción de Singapur 2015 Conseguir un sector de la construcción altamente cualificado y tecnológicamente avanzado para el año 2020	Singapore BIM Guide Version 2.0	2012/2015	Obligatorio desde 2015	McGraw Hill, 2014
SUECIA	BIM Alliance Sweden buildingSMART Nordic	Cinco empresas públicas están colaborando para establecer estándares BIM en sus proyectos		No es obligatorio		BICP Global BIM Study
SUIZA	Digital Construction Switzerland Syndicate buildingSMART SwissBIMalliance		Open BIM Guide for Switzerland (2017)	Sin fecha de regulación		BICP Global BIM Study

Ilustración 3. Visión global de la adopción BIM. Fuente. [163]

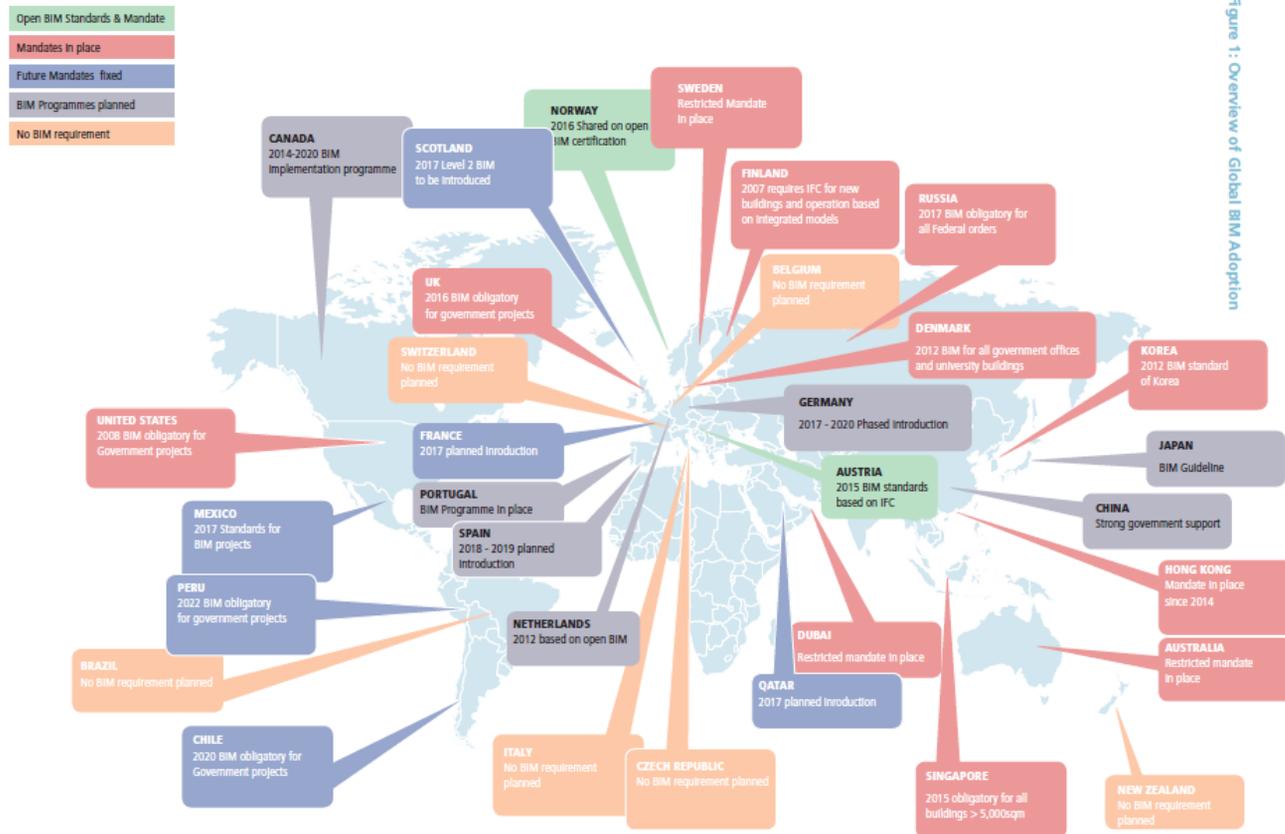


Figure 1: Overview of Global BIM Adoption

Para facilitar la interpretación de la información que aparece en el mapa de la anterior ilustración 3, se ha elaborado la tabla 10 en la que aparecen los tipos de normas y mandatos de cada país.

Tabla 10. Adopción BIM internacional. Fuente[163]

Tipo	País	Planificación
Normas y Mandatos Open BIM	Austria	Desde 2015 Estándares BIM basados en IFC
	Noruega	Desde 2016 certificación en Open BIM
Mandatos establecidos	Australia	Mandato restringido
	Dinamarca	2012 BIM para todos los edificios del gobierno y universidad
	Dubai	Mandato restringido
	Estados Unidos	Desde 2008 BIM obligatorio para proyectos del gobierno
	Finlandia	Desde 2007 requiere IFC para nuevos edificios y gestión basada en modelos integrados
	Hong Kong	Desde 2014 Mandato
	Corea	Desde 2012 Estándar BIM de Corea
	Reino Unido	2016 BIM obligatorio para los proyectos gubernamentales
	Russia	2017 obligatorio para todas las órdenes Federales
	Singapur	2015 obligatorio para todos los edificios > 5,000 m2
	Suecia	Mandato restringido
	Mandatos futuros fijados	Chile
Escocia		2017 introducción del nivel 2 BIM
Francia		2017 introducción planificada
Mexico		2017 Normas para proyectos BIM
Perú		2022 BIM obligatorio para proyectos gubernamentales
Qatar		2017 introducción planificada
Programas BIM planificados	Alemania	2017 - 2020 Introducción gradual
	China	Fuerte apoyo gubernamental
	España	2018 - 2019 introducción prevista
	Holanda	2012 basado en open BIM
	Japón	Guía BIM
	Portugal	Programa BIM
Sin requisitos BIM	Bélgica	Sin requisito BIM planificado
	Brasil	Sin requisito BIM planificado
	Italia	Sin requisito BIM planificado
	Nueva Zelanda	Sin requisito BIM planificado
	República Checa	Sin requisito BIM planificado
	Suiza	Sin requisito BIM planificado

2.3. DEL USO DE LAS TIC EN LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA

Antes de la llegada de Internet y los medios tecnológicos actuales el saber estaba concentrado en determinados focos como eran la familia, los maestros, los libros.... Así la escuela y la universidad eran los ámbitos que reunían gran parte del conocimiento. Sin embargo, el desarrollo de Internet ha significado que la información esté disponible y accesible en cualquier parte. El uso correcto de las TIC abre paso a una inmensa fuente de información. Por tanto, la explosión informativa desencadenada por las TIC requiere, nuevas habilidades de acceso, evaluación y organización de la información en entornos digitales [165].

Desde los gobiernos centrales y autonómicos de nuestro país se han dado algunos pasos hacia el camino de la alfabetización digital en el ámbito de la educación, desarrollando programas dirigidos a la integración tecnológica. El principal enfoque de estos programas se ha limitado a la dotación de equipos informáticos, por supuesto fundamental para el comienzo de la digitalización de las instituciones educativas. Pero los equipos informáticos por sí solos no mejoran la educación, deben ir acompañados de políticas formativas de los usuarios. Estos planes de difusión tanto el plan Atenea (1985-1990) como los impulsados por las comunidades autónomas, se han visto restringidos a los niveles de educación primaria. En 2009, se desarrolla en nuestro país el Programa Escuela 2.0. No fue una experiencia de política educativa TIC aislada de lo que estaba ocurriendo en el contexto mundial y europeo, sino todo lo contrario. Representó una apuesta española destinada a facilitar, de forma masiva, el acceso a las TIC a todos los escolares y propiciar que el profesorado integrase pedagógicamente las mismas en su práctica de aula" [166]. Estas políticas empezaron a configurar lo que se conoció como el «modelo 1 a 1», es decir, un ordenador por niño (OCDE, 2010). El objetivo era poner en marcha las aulas digitales del siglo XXI, aulas dotadas de

infraestructura tecnológica y de conectividad. Sin embargo, a partir de 2012 se aborta dicho programa a causa de los recortes presupuestarios.

La carencia principal de la política TIC en nuestro país ha sido la falta de continuidad a lo largo del tiempo y el sentido pedagógico, considerándose una parte primordial la formación del profesorado.

A nivel universitario, se han ido realizando dotaciones tecnológicas que pretenden favorecer la integración de las TIC al proceso enseñanza/aprendizaje. Se aprecian los resultados de los esfuerzos realizados por las universidades durante los últimos años para incorporar las TIC a la docencia en las aulas, reflejándose estos esfuerzos en un incremento de la conectividad inalámbrica y, fundamentalmente, la dotación de recursos en aulas, tanto de proyectores como de pizarras digitales [167]. Sin embargo, la inclusión de las TICs en el aula queda en gran medida al amparo del docente implicado. En definitiva, los profesores van a experimentar con la integración de la tecnología si creen que es coherente con su estilo de enseñanza, si sienten que están bien cualificados y se sienten competentes, si son apoyados y recompensados por hacerlo, y si pueden ver que es pedagógicamente útil (Finley y Hartman (2004: 328-329) citado en [168]).

Desde que se comenzara el proceso de convergencia al EEES³⁷, a partir de 1999 con la Declaración de Bolonia, muchos y profundos han sido los cambios que se han hecho y se siguen haciendo en la universidad. El EEES es un ámbito de integración y cooperación de los sistemas de Educación Superior, con el objetivo de crear, en 2010, un escenario unificado de niveles de enseñanza en todo el continente, que permita la acreditación y movilidad de estudiantes y trabajadores por todo el territorio europeo³⁸. Algunas modificaciones están relacionadas a la estructura y organización de las enseñanzas. Otros cambios importantes son de carácter curricular, algunas de las más destacables son concernientes al desarrollo de un aprendizaje centrado en el estudiante y basado en la adquisición de competencias, a

³⁷ EEES, Espacio Europeo de Educación Superior

³⁸ <http://www.uma.es/eees/>

permitir el aprendizaje a lo largo de toda la vida y a lograr un fuerte compromiso y responsabilidad por parte del profesorado y el alumnado.

Uno de los principales pilares del EEES indicado anteriormente, es el *aprendizaje a lo largo de la vida y el desarrollo de competencias*. Para ello en la Conferencia de Berlín establece entre otras medidas, utilizar con mayor frecuencia las tecnologías de información y comunicación [169].

Ante esta situación de transformación de la sociedad es lógico, o al menos así debe serlo, que las instituciones de educación superior se transformen para poder responder a las nuevas demandas y exigencias que esta sociedad requiere [1]. Para ello la universidad debe flexibilizarse y desarrollar vías de integración de las tecnologías de la información y la comunicación en los procesos de formación [170]. En la educación superior, la tecnología como herramienta pedagógica está infrautilizada y en muchos casos sin explotar. Hasta ahora, la tecnología ha sido vista como un añadido a un conjunto de prácticas educativas tradicionales (Selwyn, 2007 citado en [168]), desaprovechando el potencial que estas tienen.

Las TIC no son más que medios y recursos que podemos utilizar en el proceso didáctico. Cómo las utilicemos, para qué y en qué contexto es lo que hace que tengan una incidencia u otra [168]. Así pues, se deben emplear como instrumentos que facilitan el aprendizaje, el desarrollo de habilidades y distintas formas de aprender.

Generar procesos educativos en entornos TIC aporta gran satisfacción a los usuarios, ya sean alumnos o docentes, y representa una ganancia importante en capacidades y rendimiento académico [171]. Dado el interés que las mismas despiertan en ellos y por su facilidad de alfabetización digital, los alumnos obtienen resultados sobre su formación gráfica, educación visual, comprensión espacial, rendimiento académico y satisfacción muy superiores a los habituales, a la vez que en periodos de aprendizaje más cortos [171].

Las Tecnología de Información y Comunicaciones (TIC) están cambiando rápidamente la manera de ver y participar en la educación universitaria. Los

enfoques innovadores y nuevas estrategias que utilicen TIC en los estudio relacionados con el sector de la construcción se necesitan con urgencia [172]. Es evidente que los ambientes educativos deben mantener una cierta semejanza con las prácticas del mundo real de la industria, manteniendo el plan de estudios en línea con las necesidades de la industria es un reto importante dado que la industria AEC está preparada para una rápida transformación. Sin embargo, la educación AEC debe marcar el ritmo en lugar de mantener el ritmo de la industria" [105].

"Las instituciones de educación superior deben trabajar de manera sistemática para reducir el potencial de problemas y aumentar el acceso a la tecnología y la competencia tecnológica de los estudiantes y del profesorado y así poder trabajar de manera efectiva y académica con ellas.

Se trata de llevar adelante una innovación educativa que exige cambios profundos en la gestión del aula, la función del profesorado y la manera predominante de aprender de los estudiantes. No puede haber innovación educativa sin el apoyo, la planificación y la orientación de los equipos de gobierno de las instituciones de enseñanza superior" [168]

En este nuevo marco universitario común europeo (Espacio Europeo de Educación Superior, en adelante EEES³⁹), el recurso a las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) se presenta ya no sólo como una posible preferencia personal del docente, sino como una necesidad impuesta desde fuera" [173]

La formación y el perfeccionamiento del profesorado, posiblemente sea una de las claves que determine la incorporación de las TIC al terreno de la enseñanza. Si la actitud de los docentes no es positiva, el clima será impermeable al cambio [168].

Muchos de los problemas de la industria AEC se pueden atribuir a la falta de investigación y desarrollo en la industria en todo el mundo (Egan, 1998), dañando la capacidad de la industria de mantener tanto la innovación en los

³⁹ Espacio Europeo de Educación Superior

procesos y la tecnología [105]. Sin embargo, hoy en día la industria exige que los estudiantes estén listos para trabajar con el software correspondiente.

Según [174] "De hecho, varios informes emitidos en la última década del siglo XX sobre la opinión de empresarios acerca del nivel de preparación de los egresados universitarios (cfr. Mason, 1999; AC Nielsen Research Services, 2000) ponen de manifiesto las carencias en competencias y destrezas esenciales en el mundo laboral, especialmente en:

- Destrezas comunicativas
- Destrezas interpersonales
- Conocimiento de las prácticas profesionales habituales

"Los profesionales de la construcción del siglo XXI, debe ser capaz de hacer frente a un rápido ritmo de cambio tecnológico , un mundo altamente interconectado, y los complejos problemas que requieren de soluciones multidisciplinarias" [105], y para esto deben prepararse en la Universidad. Con lo cual es una necesidad insoslayable la modernización y actualización de las instituciones de educación superior.

Así, para vivir, aprender y trabajar con éxito en una sociedad cada vez más compleja, rica en información y basada en el conocimiento, los estudiantes y los docentes deben utilizar la tecnología digital con eficacia [175].

2.3.1. Desarrollo de habilidades en el EEES

Desde que en 1999 se iniciara el proceso de creación del Espacio Europeo de Educación Superior, en adelante (EEES), las universidades han sufrido muchos cambios. Han tenido que ir adaptando los planes de estudio, las titulaciones, la tecnologías,...todo ello con el fin de buscar la mejora de la calidad de la educación superior. " El objetivo principal debe ser diseñar una forma de

enseñar y aprender que, en pleno siglo XXI, rentabilice todas las posibilidades y recursos existentes y, al mismo tiempo, sea capaz de abarcar el amplio abanico competencial que los estudiantes de hoy necesitan adquirir en su formación universitaria"[176]

Todo ello fundamentado por la demanda de una amplia gama de competencias, aptitudes y capacidades entre las que descuellan el manejo de los ordenadores y las nuevas tecnologías, el trabajo en equipo, el conocimiento de idiomas extranjeros así como el aprendizaje autónomo y continuo a lo largo de toda la vida. Todas ellas se denominan "destrezas genéricas" [174]

2.3.2. Nativos digitales

El creciente uso educativo de las TIC está motivado, en gran medida, porque los alumnos que asisten a las clases son nativos digitales. Las TIC son un reclamo importante a tener en cuenta en la docencia de la era digital.

El distanciamiento entre los conocimientos adquiridos en las aulas y los necesarios para el apoyo del proceso constructivo en su totalidad [177] es cada vez mayor. Las universidades están todavía encerradas en un modelo de enseñanza anticuada que pasa por alto el potencial de los proyectos multidisciplinares facilitados por BIM [178]. En la mayoría de las universidades en la Estados Unidos, Europa y Australia, los estudiantes de AEC continúan siendo educados en departamentos separados, con poca o ninguna integración o colaboración entre las disciplinas [179]. Lo cual se refleja en la praxis habitual de la industria, dificultando una visión integral de la actividad constructiva por parte de los integrantes de la misma. Aunque algunas universidades de los países que cuentan con mayor integración BIM en el sector, comenzaron a enseñar BIM entre 2006 y 2009 [180], aún no está generalizada su enseñanza en los estudios reglados.

Suárez et al. (2012) citado en [176] afirman que la alfabetización digital es fundamental para poder participar y aprovechar los beneficios que las TIC aportan a la educación y la formación, logrando entonces que se conviertan en una herramienta para el aprendizaje permanente

Uno de los principales cambios que se deben incluir en los ambientes didácticos de las aulas, es la interactividad, buscando siempre la mayor participación del alumno. Dará como resultado clases más entretenidas y motivadoras para los alumnos. Y un cambio sustancial en el rol de los docentes, pues de ellos dependerá la correcta aplicación de los recursos tecnológicos. Los profesores van a pasar de ser meros transmisores de información a ser guías del aprendizaje.

El principal inconveniente del sistema educativo actual es el hecho de que los estudiantes adquieran competencias que puedan ser obsoletas en su práctica futura y que no estén preparados para trabajar en entornos digitales integrados [181]. El estilo de enseñanza de la clase tradicional también se queda corto para servir como una herramienta de comunicación eficaz en la transferencia de conocimientos de los estudiantes [182].

Los estudiantes de hoy no son las personas para las que nuestro sistema educativo fue diseñado [183]. Las tecnologías de la información y comunicación, ha llegado a todos los rincones de la sociedad moderna, con el resultado de que los actuales alumnos están familiarizados completamente con las nuevas tecnologías desde que nacen, llamados *NATIVOS DIGITALES* [183]. Estos nativos digitales tienen gran facilidad para integrar las nuevas tecnologías en el aprendizaje, es más les resulta más motivador, han demostrado poseer una fuerte aptitud hacia dichas herramientas [184]. De esta forma los educadores deben reconocer la experiencia y la destreza tecnológica de las nuevas generaciones como una ventaja y aprovechar esta habilidad [185]. No se debería agrandar la brecha generacional, hurtando la inmediata presencia de estas herramientas a los jóvenes que ha crecido en la era digital [186].

La tecnología BIM despierta el interés de los alumnos, por tanto mejora su aprendizaje y la eficacia de la enseñanza [71], estos consideran las herramientas BIM intuitivas y fáciles de aprender [187][186].

Sin embargo, la mayoría de los planes de estudio actualmente están centrados en enseñar CAD y nada de BIM [188], los dibujos bidimensionales son las principales herramientas pedagógicas en la enseñanza [189]. Como consecuencia, muchos estudiantes tienen dificultades para comprender los dibujos en 2D [190]. Por lo general, gran parte de las discrepancias y errores de los estudiantes vienen ocasionados por una mala interpretación de planos en 2D [191]. Este inconveniente se traslada también al mundo profesional en el que debido a las características inherentes de las herramientas de diseño convencionales, los diseñadores tienen dificultades para comunicar sus intenciones de diseño [192].

Aprovechando la afinidad con la que cuentan los actuales estudiantes hacia el medio digital, la incorporación de la TICs a las metodologías docentes, ayudará a mejorar el rendimiento de los discentes en cualquier nivel educativo. Así, si no queremos quedar obsoletos nada más empezar. Es fundamental adelantarse a los acontecimientos ser proactivos tomando iniciativas en el desarrollo de acciones creativas para generar mejoras educativas [193]

Los usuarios habituales de la informática, están acostumbrados a los videojuegos y al uso del Internet 2.0, donde aparte de distracción se estructuran los contenidos de forma intuitiva, en entornos interactivos y que fomentan la curiosidad (Etxebarria, F., 2008 citado en [193])

Según el Informe Horizon 2016 " los estudiantes de hoy están más alfabetizados digitalmente que las generaciones precedentes, porque muchos de ellos han crecido en entornos ricos tecnológicamente hablando, pero la investigación ha mostrado que esto no implica necesariamente seguridad en el uso de las TIC, especialmente en un contexto educativo. Por eso, proporcionar a los estudiantes las habilidades digitales necesarias para que

sean productivos en un mundo laboral cambiante es una prioridad para las instituciones y para los gobiernos"

2.3.3. Medios tecnológicos que se emplean en las enseñanzas universitarias

Las principales tecnologías con aplicación en la enseñanza universitaria que más están siendo utilizadas por los docentes en su trabajo diario son el correo electrónico, el chat, las video conferencias, y la telefonía internet, pero no son únicas. También se vienen desarrollando en los últimos años, los Blogs⁴⁰, las Wikis⁴¹, los Podcasting⁴², las aplicaciones web⁴³, las redes sociales⁴⁴, la simulación⁴⁵, los videojuegos⁴⁶ o gamificación; y su uso en la enseñanza está a disposición de profesores y alumnos quienes son quienes deciden cómo y cuándo utilizarlas.

De acuerdo a las características técnicas y funcionales de las TIC antes mencionadas, se presenta una tabla de orientación para su utilización de acuerdo a la modalidad de enseñanza y aprendizaje [194]

⁴⁰ Blog, sitio web que recoge una serie de pequeños artículos (posts) presentados en orden cronológico inverso

⁴¹ Wiki, herramienta de creación cooperativa de conocimiento

⁴² Podcasting, repositorio en Internet de archivos multimedia, generalmente de sonido (parecido a la radio a demanda en Internet). Vídeo streaming o vídeo a demanda, servicios de vídeo para difundir conocimientos

⁴³ Aplicaciones web, son herramientas que los usuarios pueden utilizar accediendo a un servidor web a través de un navegador internet (ejemplo representativo (Google Docs)

⁴⁴ Redes sociales, es un medio de comunicación social que se centra en establecer un contacto con otras personas por medio de Internet.

⁴⁵ Simulación, experimentación con un modelo que imita ciertos aspectos de la realidad. Permite comprobar el comportamiento de una persona, de un objeto o de un sistema en contextos cercanos a la realidad

⁴⁶ Vídeo juegos o gamificación, técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo-profesional con el fin de conseguir mejores resultados

Tabla 11. Uso de las TICs según modalidades organizativas [194]

MODALIDADES ORGANIZATIVAS	TICs
Clases teóricas (lección magistral), sesiones expositivas orientadas principalmente a la transmisión del conocimiento. Papel principal: Profesor	Podcasting, video straming
Clases prácticas: sesiones de carácter práctico orientadas generalmente a la resolución de problemas y ejercicios, estudio de caso, ... Papel principal: Alumno	Presentaciones web, juegos, simulaciones
Seminario y talleres: sesiones monográficas orientadas a la discusión de un tema particular. Papel principal:	Juegos, simulaciones, presentaciones web
Tutorías: espacio de atención personalizada a los alumnos. Papel principal:	Chat, email, telefonía internet, video conferencias, aplicaciones web
Estudio y trabajo en grupo; estudio y trabajo individual	Wikis, blogs, aplicaciones colaborativas web, redes sociales

2.3.4. Potencial de las TIC en el entorno docente y sus beneficios

Las TIC son instrumentos que pueden ayudar a potenciar y mejorar las acciones educativas y por ende el proceso de aprendizaje del alumno.

La incorporación de las TIC en la docencia universitaria es un reto tanto para los profesores como para los estudiantes. Los docentes deben enseñar a aprender a los alumnos, y no simplemente transmitir unos contenidos y conocimientos estancos y estáticos que pronto quedarán obsoletos [176]. Además, la aplicación de una determinada tecnología será idónea si además de facilitar la consecución de las competencias optimiza el tiempo y los recursos de profesores y alumnos [194]

Por ello es necesario y acuciante el cambio que los docentes han de acometer, dejando atrás los fundamentos que sustentaban el modelo de Enseñanza 1.0 (transmisiva, estática, lineal...), para dar cabida al nuevo modelo demandado por la sociedad de la información y del conocimiento, el Aprendizaje 2.0 (con base constructivista, dinámico, multimedial, cooperativo...) [176]

Así estamos viviendo innovaciones tecnológicas que suponen una transformación educativa de la que surge el aprendizaje 2.0, donde la interacción y la participación, al igual que sucede con la web 2.0, serán los parámetros que acoten esa nueva versión del aprendizaje (Brown y Adler (2008) citado en [176])

Son muchas las ventajas de las TIC como nuevas herramientas didácticas tanto para alumnos como para profesores. Entre las cuales destacan, por parte de los alumnos, la apropiación de la materia, la generación y disfrute de participación, promover la reflexión y la capacidad de síntesis, y el conocimiento de tecnologías útiles en cualquier actividad profesional. Y para el profesor, motivar la participación, flexibilizar los contenidos, individualizar el proceso de enseñanza, optimizar el uso del tiempo, supervisar y evaluar el progreso de los alumnos [194]

La motivación del alumnado es uno de los factores más importantes en el proceso enseñanza-aprendizaje, y es también uno de los más afectados por el uso de las TIC. En un estudio realizado en 1995, en que los medios informáticos no estaban tan alcance de los estudiantes, ni su uso estaba tan

extendido en la sociedad como hoy día, el 70% de los alumnos se sintieron muy motivados ante el uso de la informática en las clases [195]

En la tabla 12, se observan de manera resumida los resultados y las conclusiones del [NMC Horizon Project](#), un proyecto diseñado para identificar y describir las tecnologías emergentes que están llamadas a tener un impacto significativo en el aprendizaje, la enseñanza y el pensamiento creativo en la educación universitaria, en los próximos cinco años (informe Horizon edición 2016 Educación Superior⁴⁷)

Tabla 12. Tabla resumen Tendencias, Desafíos y Tecnologías. Elaborado a partir del Informe Horizon 2016

TENDENCIAS		
A corto plazo	A medio plazo	A largo plazo
Crecimiento del enfoque sobre la medición del aprendizaje	Rediseño de los Espacios de Aprendizaje	Avances en la Cultura del cambio y la innovación
Incremento del uso del aprendizaje mixto o híbrido (blended learning)	Evolución a enfoques de Aprendizaje Profundo	Replanteamiento del funcionamiento de las instituciones universitarias
TECNOLOGÍAS		
Trae tu propio dispositivo (BYOD)	Realidad Aumentada y Virtual ⁴⁸	Computación afectiva ⁴⁹

⁴⁷ Se puede consultar, http://blog.educalab.es/intef/wp-content/uploads/sites/4/2016/03/Resumen_Horizon_Universidad_2016_INTEF_mayo_2016.pdf

⁴⁸ La Realidad Aumentada y la Virtual son tecnologías independientes pero estrechamente relacionadas. La Realidad Aumentada se caracteriza por la incorporación de la información digital, en forma de imágenes, vídeos y audio, a espacios del mundo real (se emplean teléfonos inteligentes, tabletas, ...). La Realidad Virtual ofrece a los usuarios la oportunidad de introducirse en un mundo de inmersión, alternativo, de simulación, en el que pueden vivir experiencias sensoriales (en salas de simulación)

⁴⁹ Computación afectiva, hace referencia a la idea de que los humanos puedan programar máquinas de tal modo que reconozcan, interpreten, procesen y simulen la amplia variedad de emociones humanas.

Tecnologías del Aprendizaje Adaptativo	Makerspaces ⁵⁰	Robótica ⁵¹
DESAFÍOS		
Fáciles de abordar	Difíciles de abordar	Muy difíciles de abordar
Mezcla del aprendizaje formal e informal	Modelo de educación en competencias	Equilibrio entre nuestras vidas en línea y fuera de ella
Mejora de la alfabetización digital	Personalización del aprendizaje	Mantener el papel relevante de la educación

En todos los informes Horizon desde el del año 2008 hasta el de 2016, se indica como uno de los principales desafíos la alfabetización digital, si bien su consideración es de fácilmente abordable, no hay que restarle importancia. Y esto nos da indicios de que la integración de las TIC en la enseñanza no es completa aún, aunque se hayan hechos avances muy importantes en este campo. Los estudiantes universitarios no adquieren las competencias digitales necesaria para el desarrollo profesional. Ahora bien esta alfabetización digital, o en su posición contraria analfabetismo, debemos ser consciente que no sólo será de personas, sino también institucional [1]

2.4. DE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE

De manera generalizada, la metodología de enseñanza se entiende como "la forma de enseñar" esto es la "actuación del profesor (y del estudiante) durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Con mayor rigor conceptual, la

⁵⁰ Makerspaces, son talleres informales que se desarrollan en las instalaciones de una comunidad o instituciones educativas, en los que los usuarios se juntan para diseñar y concebir prototipos o productos en un contexto creativo en el que prima la colaboración y la filosofía de "hazlo tú mismo".

⁵¹ Robótica, referida al diseño y uso de robots, que son máquinas automatizadas que desarrollan una serie de tareas.

metodología de la enseñanza se puede definir como "las estrategias de enseñanza con base científica que el/la docente propone en su aula para que los estudiantes adquieran determinados aprendizajes". Siendo las "estrategias de enseñanza", el conjunto de tareas, procedimientos y técnicas empleadas en el proceso de enseñanza. [196]

Las TIC nos permiten desarrollar herramientas metodológicas novedosas y flexibles en el proceso de enseñanza-aprendizaje (E/A), que favorecen la participación activa de los estudiantes y les convierten en los auténticos protagonistas de su aprendizaje [173]. Pero el mero hecho de introducir la tecnología al proceso educativo no es suficiente [168]. El énfasis se debe de hacer en la docencia, en los cambios de estrategias didácticas de los profesores, en los sistemas de comunicación y distribución de materiales de aprendizaje, en lugar de enfatizar la disponibilidad y las potencialidades de las tecnologías (Salinas (2000, 454) citado en [1])

Debido a la incorporación de los nuevos planes europeos de enseñanzas universitarias, resulta necesario plantear la inclusión de metodologías activas en el proceso de enseñanza-aprendizaje que, por una parte, prioricen la participación activa de los alumnos en este proceso y, por otra, establezcan una relación diferente entre docentes y discentes"[173]. Frente a modelos de enseñanza centrados en el profesor, las TICs van a permitirnos pasar a modelos centrados en el estudiante, en cierta medida supone que pasemos de una cultura de la enseñanza, a una cultura del aprendizaje, ya que la mejor forma de aprender, no es reproduciendo los conocimientos, sino construyéndolos [1].

Según un estudio realizado por Nuun (1996) citado en [1], el tiempo dedicado a la participación de los estudiantes en las aulas tradicionales es solamente del 2,28%.

La Convergencia Europea defiende un paradigma educativo centrado en el aprendizaje (learned-centered) donde el protagonista del proceso es el estudiante, mientras que el profesor obra de facilitador o guía del aprendizaje

(Naval et al., 2005; Weiner, 2002) citado en [176]. Así, la realidad de las aulas universitarias deberá reconstruirse independientemente de los cambios que se deban acometer en otros niveles (organizativo, estructural, administrativo, etc.), ya que las aulas suponen el espacio donde la enseñanza y el aprendizaje cobran verdadero sentido [176]

En la educación superior es poco probable que se mejore la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes simplemente por la aplicación de una nueva tecnología. Sin embargo, el aprendizaje se puede mejorar cuando las innovaciones tienen en cuenta no sólo las características de la tecnología sino también el diseño pedagógico, el contexto en el que el aprendizaje tiene lugar, las características de los estudiantes, su experiencia previa y la familiaridad con las tecnologías involucradas [168]. Sin embargo, la inclusión de las tecnologías en los modelos de enseñanza y de aprendizaje pueden contribuir a que se realice la deseada transición de un modelo de docencia centrado en el profesor a otro cuyo eje sea el estudiante" [176]

Ilustración 4. Gestión docencia centrada en el profesor y en el estudiante. Fuente: CRUE- Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (2012)



Cuando la docencia tiene como referente central el aprendizaje del estudiante, tal y como hemos visto, el profesor se centra en guiar a sus estudiantes hacia la construcción de conocimiento y la transformación personal [176]. Por tanto, el rol del personal docente también cambia en un ambiente rico en TIC. El profesor deja de ser fuente de todo conocimiento y

pasa a actuar como guía de los alumnos, facilitándoles el uso de los recursos y las herramientas que necesitan para explorar y elaborar nuevos conocimientos y destrezas; pasa a actuar como gestor de la pléyade de recursos de aprendizaje y a acentuar su papel de orientador y mediador [170]. El papel del docente universitario consistirá básicamente en crear y facilitar situaciones de aprendizaje que faciliten el desarrollo personal, alentando al diálogo razonado y la creatividad. [197] Así el estudiante también deberá aprender a modificar su actitud y el rol que ha desarrollado hasta ahora. Tendrá que adoptar un papel activo, ya que tendrá que convertirse en el protagonista real de su proceso de aprendizaje, mientras que el educador, el profesor, como ya hemos dicho, cambia su función y se convierte en el dinamizador, el guía, el encargado de facilitar el proceso de aprendizaje del estudiante (Sangrá y González (2004, 89) citado en [1]).

Se pasará de modelos donde lo importante era la enseñanza a modelos que giren en torno al aprendizaje de habilidades, contenidos y competencias por los estudiantes; y el hecho de que éstos deberán adquirir nuevas competencias y capacidades, destinadas no sólo al dominio cognitivo, sino también en sus capacidades para aprender, desaprender y reaprender, para adaptarse a las nuevas exigencias de la sociedad [1].

Así las nuevas metodologías de enseñanza que se emplearán en las aulas influirán de manera positiva en la motivación del alumno, pues les invitará a la interacción y a la participación. Características ausentes en gran parte del día a día de las aulas. Esto también hará que los estudiantes se distraigan menos.

"El aprendizaje es cuando los usuarios desarrollan las habilidades y los conocimientos necesarios para la utilización de la tecnología de forma efectiva"[18].

La Taxonomía de Bloom se lleva empleando por los docentes desde hace décadas, para establecer los objetivos del aprendizaje del alumno. Puesto que puede ayudar a los profesores a preparar y evaluar el ejercicio y para identificar el nivel de aprendizaje alcanzado [198].

Como ha demostrado la historia, este conocido esquema, aplicado extensamente llenó un vacío y proporcionó educadores una de las primeras clasificaciones sistemáticas de los procesos de pensamiento y el aprendizaje [199].

Según la Taxonomía de Bloom revisada [199], se puede observar que el proceso cognitivo consta de 6 categorías:

CONOCIMIENTO: se refiere a recordar información previamente aprendida.

(verbos relacionados; escribir, describir, numerar, identificar, etiquetar, leer, reproducir...)

COMPRENSIÓN: quiere decir entender lo que se ha aprendido. Se demuestra cuando se presenta la información de otra manera, se transforma, se buscan relaciones, se asocia a otro elemento, se interpreta o se saben decir las posibles causas y consecuencias.

(verbos relacionados: clasificar, citar, convertir, describir, discutir, estimar, explicar, ...)

APLICACIÓN: utiliza la información que ha recibido en situaciones nuevas y concretas para resolver problemas.

(verbos relacionados: usar, recoger, calcular, construir, controlar, determinar, establecer, ...)

ANÁLISIS: el alumno distingue, clasifica y relaciona evidencias o estructuras de un hecho o de una pregunta, se hace preguntas, elabora hipótesis. Descompone el todo en sus partes y puede solucionar problemas a partir del conocimiento adquirido: razona.

(verbos relacionados: analizar, discriminar, categorizar, distinguir, comparar, ilustrar, ...)

SÍNTESIS: el alumno crea, integra, combina ideas, planea, propone nuevas maneras de hacer. Crea aplicando conocimiento y las habilidades anteriores para producir algo nuevo.

(verbos relacionados: crear, adoptar, anticipar, planear, categorizar, inventar, desarrollar, ...)

EVALUACIÓN: emitir juicios sobre la base de criterios preestablecidos.

(verbos relacionados: valorar, comparar, contrastar, concluir, criticar, decidir, definir,)

Según la Taxonomía de Bloom que vemos en la Ilustración 5 [200] (ANECA, 2013), el proceso de aprendizaje de un estudiante AEC debe seguir una determinada secuencia de gestión de ese conocimiento que va adquiriendo a lo largo de un determinado periodo aprendizaje. Esa secuencia coincide exactamente con la que establece Succar (2005c).

Ilustración 5. Dirección ideal del pensamiento según la Taxonomía de Bloom. ANECA 2013



La Taxonomía de Bloom puede ayudar a los profesores a preparar y evaluar el ejercicio y para identificar el nivel de aprendizaje alcanzado [198]

Muchos son los investigadores que han sugerido que las aplicaciones TIC crean un entorno apropiado para habilidades de orden superior como la

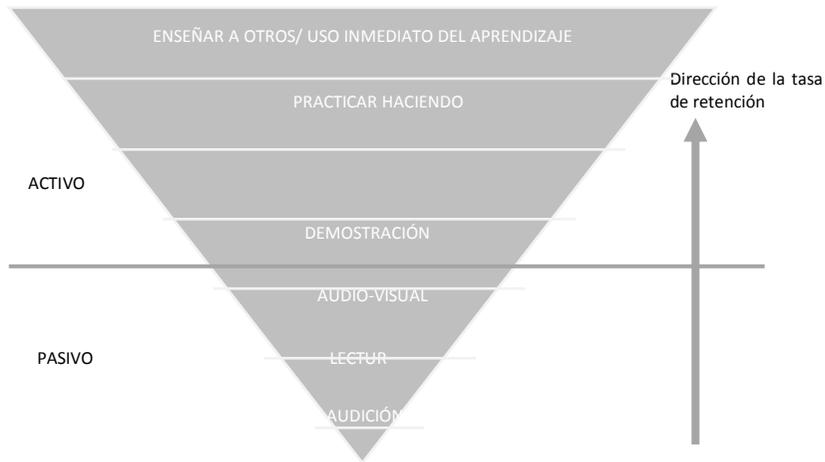
gestión, organización, análisis crítico, resolución de problemas y creación de información (Balanksat *et al.*, 2006; Kirriemur y McFarlane, 2004; Sefton-Green, 2002; Rosas *et al.* 2002; Cox, 1997; Bonnet *et. al*, 1999) citados en [165]

Es necesario que los estudiantes se involucren con lo que están estudiando y así desarrollar un nivel más profundo de comprensión, para ello es adecuado promover el uso de métodos de enseñanza como el aprendizaje basado en problemas. La enseñanza a los demás es una de las mejores formas de obtener conocimiento más profundo sobre un tema [179]

Tal y como se indica en el trabajo de [179], la Pirámide de Aprendizaje, que se atribuye al NTL Institute⁵², ha sido citado a menudo en literatura educativa, aunque como señalan Magennis Y Farrell [201], la fuente original de investigación apoyando los porcentajes de aprendizaje retenido no puede ser rastreada. Sin embargo, Magennis Y Farrell (*ibid*) llevó a cabo la investigación que, en general corrobora el orden de actividades en dicha pirámide, en términos de la cantidad de aprendizaje que se retiene después de cada tipo de actividad. En la Ilustración 6 se muestra la tasa de retención media. Actividades como la práctica haciendo y enseñar a otros o uso inmediato del aprendizaje son las que han demostrado proporcionar los niveles más profundos de aprendizaje.

⁵² NTL Institute, National Training Laboratories. Laboratorio Nacional de Enseñanza

Ilustración 6. Pirámide invertida del aprendizaje. Tasa de retención media. Fuente: Elaboración propia a partir de [201]



Se puede relacionar cada tipo de actividad (o base de la metodología de enseñanza aplicada) con las categorías de la Taxonomía de Bloom, para poder aproximar el nivel de aprendizaje en cada tipo. Para facilitar esta relación se ha creado la tabla 13 mostrada a continuación.

Tabla 13. Relación Objetivos Taxonomía de Bloom y actividades Pirámide Aprendizaje. Fuente: Elaboración propia a partir de [198] y [201]

		ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE						
		Métodos pasivo			Métodos activos			
		TRAB ⁵³			TRAA ⁵⁴			
		Escuchar	Leer	Ver	Demostrar	Argumentar	Practicar	Enseñar
OBJETIVOS DEL PROCESO DE APRENDIZAJE	LOTS ⁵⁵	Recordar	x	x	x			
	↓	Comprender		x	x	x		
		Aplicar				x	x	
		Analizar					x	x
		Evaluar						x
	HOTS ⁵⁶	Crear					x	x

⁵³ LOTS, de sus siglas en inglés habilidades de pensamiento de orden inferior

⁵⁴ HOTS, de sus siglas en inglés habilidades de pensamiento de orden superior

⁵⁵ TRAB, tasa de retención de aprendizaje baja

⁵⁶ TRAA, tasa de retención de aprendizaje alta

Teniendo en cuenta la práctica docente más extendida, es la clase magistral en la que se incluya material audiovisual, su correspondencia con el nivel de aprendizaje de la Taxonomía de Bloom son las categorías de orden menor (Conocimiento y comprensión), que además son las que menos nivel de retención de aprendizaje proporcionan al alumno.

Mediante ejercicios colaborativos se alienta a los estudiantes a participar, cuestionar y desarrollar ideas a través del razonamiento. Por ello la creación de estos ambientes facilita la participación activa de los estudiantes para mejorar su aprendizaje y no ser simples receptores de información (Gosh, 2012) citado en [185].

A través de conferencias, demostraciones, proyectos y ejemplos del mundo real, los estudiantes desarrollan un entendimiento y aumentan su capacidad de visualizar las relaciones espaciales entre los elementos estructurales y arquitectónicos. Trabajo en grupo. [109]. Se encontró que los métodos de enseñanza-aprendizaje que trabajan enfocados mayor en los estudiantes y les permite tener un papel más activo en su formación son más adecuados para el tratamiento de BIM - es importante adoptar métodos permitir que el estudiante desarrolle habilidades, en lugar de simplemente estudiar contenido. En este contexto, PBL⁵⁷ parece ser apropiada, mejorando el desarrollo el aprendizaje significativo y duradero, y permite abordar problemas complejos, tales como BIM paradigma. A pesar de ser desplegado en todo el currículo, en su propuesta original, el ABP⁵⁸ puede ser adoptado parcialmente en una o más asignaturas [106].

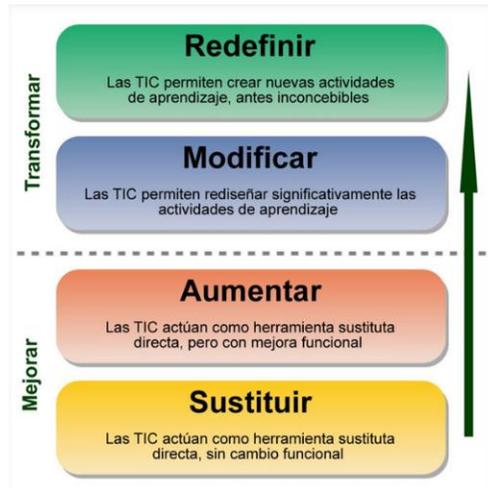
Para facilitar la integración de las TIC en el proceso educativo, en 2006 el Doctor Puentedura desarrolló el conocido modelo SAMR [202]. Este modelo permite a los docentes visualizar con facilidad cómo las TIC pueden transformar los ambientes de aprendizaje tradicionales. Se distinguen cuatro

⁵⁷ PBL, problem based learning

⁵⁸ ABP, aprendizaje basado en problemas

niveles graduales de influencia de las TIC en el proceso de aprendizaje: Sustituir, Aumentar, Modificar y Redefinir, como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 7. Traducción modelo SAMR. Fuente: [202]



2.4.1. Formación actual

En su tesis doctoral Barison, define la Metodología de enseñanza como un “Conjunto de procedimientos (métodos, técnicas, recursos y herramientas) utilizado por personas (profesores y estudiante), la práctica político-pedagógica, cuyo objetivo principal es la enseñanza aprendizaje”[122].

La metodología tradicional empleada en la formación universitaria se encuentra todavía muy enraizada en el aprendizaje pasivo del alumno. Esto es la gran parte de la enseñanza se sigue transmitiendo mediante clases magistrales, en las que la participación del alumno y la interactividad con la materia es prácticamente ausente.

Es fundamental la integración de las TIC en las aulas, estas permitirán un aumento de la participación en las clases. La principal consecuencia, tal y

como hemos visto en el apartado anterior, es que a mayor participación del alumno en el proceso de enseñanza mayor es su aprendizaje. Sin embargo, el uso que los profesores hagan de las herramientas TIC en la práctica docente está condicionada por la opinión que estos tengan sobre el potencial didáctico de las herramientas [173].

El uso docente de TIC lleva aparejado un cambio en las metodologías de didácticas, valga como ejemplo el Aprendizaje por descubrimiento, los estudios de casos, el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje orientado a proyectos (AOP), el trabajo cooperativo, etc. Estas se han hecho un hueco como metodologías encaminadas a dar cabida al recién estrenado perfil de estudiante. Sin ser nuevas, estas estrategias de aprendizaje se han actualizado y adaptado a las características de las herramientas disponibles actualmente, es decir, se han reforzado haciendo uso de las ventajas que las tecnologías pueden aportar [176].

Las metodologías enfocadas a capacitar al alumno hacia su autogestión encuentran refuerzo si se apoyan en las posibilidades que las tecnologías de la información y la comunicación tienen para ofrecer a los procesos educativos [176].

"El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es considerado una metodología idónea para facilitar este tipo de aprendizaje activo y auto dirigido. En ella, un concepto o una cuestión conduce un proceso de investigación que llevan a cabo los estudiantes y que los lleva a construir conocimiento y, cuando es apoyada por las TIC, los ayuda a trabajar de manera colaborativa, a diseñar y a crear" [203].

Según Mario de Miguel en su trabajo realizado en 2005 [204], las metodologías pedagógicas clasificar como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 14. Métodos de enseñanza. Fuente: M de Miguel Díaz [204]

Método	Finalidad
Lección Magistral	Transmitir conocimientos y activar procesos cognitivos en el estudiante
Estudio de Casos	Adquisición de aprendizajes mediante el análisis de casos reales o simulados
Resolución de ejercicios y problemas	Ejercitar, ensayar y poner en práctica los conocimientos previos
Aprendizaje basado en problemas (ABP)	Desarrollar aprendizajes activos a través de la resolución de problemas
Aprendizaje orientado a proyectos	Comprender problemas y aplicar conocimientos para su resolución
Aprendizaje cooperativo	Desarrollar aprendizajes activos y significativos de forma cooperativa
Contrato de aprendizaje	Desarrollar el aprendizaje autónomo

Para cada una de las metodologías mencionadas, la adquisición de competencias genéricas debe considerarse como objetivo prioritario. La posibilidad de adquirir competencias además de conocimientos va en aumento proporcional respecto a la participación del alumno. En su tesis doctoral Ariadna Llorens indica que los métodos con mayor número de competencias desarrollan son el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje basado en proyectos. Se constata que ambas metodologías se caracterizan por ser activas para el alumno y permitir el trabajo en grupo [205].

Una sociedad económicamente globalizada, altamente competitiva y en acelerado ritmo de cambio exige un entorno educativo diferente [197], que debe proporcionar a los graduados habilidades que son transferibles y aplicables a las necesidades que la industria tiene hoy y en el futuro, respecto a BIM y a todas las demás prácticas de la industria [206]. Se debe tomar conciencia de la importancia de adquirir las capacidades básicas y destrezas genéricas o profesionales necesarias para desempeñar las tareas y los cargo requeridos en su carrera profesional [174].

2.4.2. Competencias

La tendencia actual de la enseñanza se basa en la adquisición de competencias. No existe una única definición de competencia, según ANECA⁵⁹ por competencia se entiende *“el conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes que se adquieren o desarrollan mediante experiencias formativas coordinadas, las cuales tienen el propósito de lograr conocimientos funcionales que den respuesta de modo eficiente a una tarea o problema de la vida cotidiana y profesional que requiera un proceso de enseñanza y aprendizaje.* [207]

Las competencias pueden ser, según la clasificación utilizada por el Ministerio de Educación en el Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUCT), diferenciadas según su nivel de concreción:

Competencias básicas o generales, que son comunes a la mayoría de los Títulos pero están adaptadas al contexto específico de cada uno de los Títulos. Estas competencias se desarrollan con mayor o menor intensidad en función de las características del Título en cuestión. Dentro de este bloque se pueden encontrar competencias personales, competencias interpersonales, etc.

⁵⁹ ANECA, Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación

Competencias específicas, que son propias de un ámbito o Título y están orientadas a la consecución de un perfil específico de egresado. Estas competencias deben circunscribirse a aspectos formativos y ámbitos de conocimiento muy próximos al Título. En general, acostumbran a tener una proyección longitudinal en el Título.

Competencias transversales, que son comunes a todos los estudiantes de una misma Universidad o centro universitario, independientemente del Título que cursen".

"La mayoría de los autores coinciden en que las competencias se dividen fundamentalmente en dos categorías: competencias básicas o genéricas, y competencias específicas. Las competencias genéricas hacen alusión a las competencias intelectuales, personales, interpersonales, organizacionales y empresariales. Las competencias específicas, por su parte, se refieren a aquellas que dependerán del puesto ocupado, las funciones desarrolladas, negocio, etc. e incluyen las destrezas y el conocimiento.

La competencia aprender a lo largo de la vida es hoy más que nunca una competencia clave para el progreso y bienestar personal, social y profesional de las personas" [197]

El proyecto Tuning⁶⁰ hace la siguiente consideración de competencias [197]:

1- Las competencias básicas son las denominadas genéricas o transversales. Están referidas fundamentalmente a la capacidad de aprender a aprender. Se caracterizan porque son transferibles a diferentes tareas, funciones, y capacitan

al estudiante para integrarse con éxito en la vida laboral y social. Se refieren a comportamientos elementales y a las habilidades necesarias para la vida

⁶⁰ El "Tuning Educational Structures in Europe", cuyo significado es "Sintonizar las estructuras educativas de Europa", es un proyecto europeo en el contexto del programa Erasmus de movilidad universitaria, con el fin de orientar la implantación del proceso de Bolonia en el marco universitario. Su principal objetivo es determinar los puntos de referencia para el establecimiento, a escala europea, de las competencias genéricas y específicas para cada disciplina, en una serie de campos temáticos: Matemáticas, Geología, Empresariales, Enfermería, Estudios Europeos, Historia, Ciencias de la Educación, Física y Química.

como ciudadanos y para el empleo, tales como la lectoescritura, el cálculo, las TIC, la cultura, el trabajo en equipo, la creatividad, la comunicación, la resolución de problemas, los rasgos de personalidad, los conocimientos adquiridos y los valores. Se subdividen en:

- Instrumentales
- Interpersonales
- Sistémicas

2- Las competencias específicas son las vinculadas a la titulación y contemplan contenidos concretos.

Tuning ha puesto de relieve que en una sociedad en perpetuo cambio, con gran movilidad de empleo, las competencias genéricas o transferibles poseen una gran importancia y que cada uno de los perfiles de titulación debería seleccionar aquéllas que resulten más idóneas de entre las mismas con vistas a los resultados que se desee obtener con el programa. Tuning ha consultado la opinión de graduados, empleadores y académicos con el fin de identificar las competencias genéricas más importantes [208]

"De forma muy similar al "Tuning", la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), en su Informe DeSeCo ("Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations", 2005) define las competencias como "la capacidad para responder a las demandas y llevar a cabo tareas de forma adecuada. Cada competencia se construye a través de la combinación de habilidades cognitivas y prácticas, conocimiento (incluyendo el conocimiento tácito), motivación, valores, actitudes, emociones y otros componentes sociales y conductuales.

En conclusión, una competencia es la *"Capacidad de una persona (conocimientos, destrezas o habilidades y actitudes o valores) para enfrentarse con garantías de éxito a una tarea o situación problemática en un contexto/situación determinado"*[196]

- Competencias educativas, esto es las adquiridas durante la realización de los estudios universitarios.

Dentro de las competencias educativas, están las competencias transversales o genéricas que son aquellas comunes a cualquier perfil profesional, y van más allá de las competencias específicas que se deberán desarrollar dentro de cada una de las disciplinas que comprenden los diferentes títulos.

- Competencias profesionales, esto es las competencias que demanda la industria

En la tabla 15, aparecen algunas de las definiciones de competencias más habituales y sus referencias bibliográficas.

Tabla 15. Lista no exhaustiva de las definiciones de competencias [209]

Competencias como	Definición	Referencia
Objetivos del comportamiento	Las competencias son las metas de comportamiento definidas por los líderes de la organización - sobre la base de la estrategia de negocio y la cultura de la organización - para guiar a los empleados, la sinergia, mejorar el rendimiento y generar resultados consistentes	J. Intagliata, D. Ulrich, N. Smallwood, Leveraging leadership competencies to produce leadership brand: creating distinctiveness by focusing on strategy and results, Human Resource Planning 23 (3) (2000) 12–23
Capacidad de realizar	Competencia es una "combinación de capacidades, habilidades y conocimientos necesarios para realizar una tarea específica"	NPEC, Defining and Assessing Learning: Exploring Competency-Based Initiatives, Prepared for the Council of the National Postsecondary Education Cooperative (NPEC) and its Working Group on Competency-Based Initiatives by Elizabeth A. Jones and Richard A.Voorhees, with Karen Paulson, under the sponsorship of the National Center for Education Statistics (NCES), U.S. Department of Education,

		Washington, DC, 2002.
Las competencias son una combinación de conocimiento tácito y explícito, el comportamiento y habilidades, que le dan a alguien el potencial para la eficacia en la ejecución de tareas		F. Draganidis, G.Mentzas, Competency based management: a review of systems and approaches, Information Management & Computer Security 14 (1) (2006) 51–64.
Competencia es una "capacidad de realizar tareas, procesos de negocio, trabajo, negocio principal, actividades, prácticas de aplicación de los recursos humanos / físico / TIC (por ejemplo, el conocimiento personal, habilidades, actitud, así como maquinaria organización) dirigidas a ofrecer productos y / o servicios en el mercado"		E. Ermilova, H. Afsarmanesh, Competency and profiling management in virtual organization breeding environments, Network-Centric Collaboration and Supporting Frameworks, Springer, US, 2006, pp. 131–142.
Las competencias son aquellas características - el conocimiento, habilidades, formas de pensar, patrones de pensamiento, y similares, que, cuando el uso ya sea individualmente o en varias combinaciones, dan como resultado un desempeño exitoso		D.D. Dubois, The Competency Casebook: Twelve Studies in Competency-based Performance Improvement, Human Resource Development Press, 1998.
Una competencia es "un conocimiento, destreza, habilidad o característica asociada con un alto rendimiento en un puesto de trabajo, tales como la resolución de problemas, el pensamiento analítico, o el liderazgo "		R.J. Mirabile, Everything you wanted to know about competency modeling, Training and development 51 (8) (1997) 73–77.
Las competencias son "elementos distinguibles de las capacidades o potencialidades que permiten a los titulares de trabajo para actuar de manera competente en ciertas situaciones subyacentes"		B. Bergmann, Arbeitsimmanente Kompetenzentwicklung, Kompetenzentwicklung und Berufsarbeit 11 (2000) 11–39. as translated from German by T. Ley, D. Albert, Identifying employee competencies in dynamic

		<p>work domains: methodological considerations and a case study, Journal of Universal Computer Science 9 (12) (2003) 1500–1518.</p>
	<p>Una competencia es "un conocimiento, destreza, habilidad específica e identificable, definibles y medibles y / u otro despliegue relacionado característica (por ejemplo, la actitud, el comportamiento, la capacidad física), que un recurso humano puede poseer y que es necesaria para, o material a , la realización de una actividad dentro de un contexto empresarial específica "</p>	<p>HR-XML-Consortium, Competencies. (Measurable Characteristics). Recommendation, Available http://ns.hr-xml.org/2_0/HR-XML-2_0/CPO/Competencies.pdf, (accessed September 16, 2012).</p>
	<p>Las competencias son capacidades humanas medibles que son necesarios para las demandas efectivas de rendimiento de trabajo</p>	<p>A.F. Marrelli, An introduction to competency analysis and modeling, Performance Improvement 37 (5) (1998) 8–17.</p>
Estándares de desempeño	<p>Las competencias son los estándares de rendimiento - la capacidad de realizar con los estándares requeridos dentro del empleo</p>	<p>D. Hevey, The UK National (and Scottish) vocational qualification system: state of the art or in a state? International Journal of Training and Development 1 (4) (1997) 242–258.</p>
Requisitos de rendimiento estandarizadas	<p>Una competencia es "un requisito estándar para un individuo para llevar a cabo adecuadamente un trabajo específico y que abarca una combinación de habilidades, el conocimiento y el comportamiento utilizado para mejorar el rendimiento"</p>	<p>[H. Brozova, T. Subrt, Competency mapping and modelling in system design, Scientia Agriculturae Bohemica 39 (2) (2008) 125–131.as noted in (I.A. Alroomi, D. Jeong, G. Oberlender, Analysis of cost-estimating competencies using criticality matrix and factor</p>

		analysis, Journal of Construction Engineering and Management 138 (11) (2012) 1270–1280. page 1271)
Recursos utilizados para alcanzar un objetivo	Las competencias son el "efecto de la combinación y aplicación de los recursos en un contexto específico (incluido el desarrollo físico, social, organizacional, cultural y / o económica aspectos) para llegar a un objetivo (o el cumplimiento de una misión)"	F. Trichet, M. Leclère, A framework for building competency-based systems dedicated to human resource management, in: N. Zhong, Z. Ras, S. Tsumoto, E. Suzuki (Eds.), Foundations of Intelligent Systems, Springer, Heidelberg, Berlin, 2003, pp. 633–639.(page 633)
Una expresión contextual de la capacidad	Una competencia es una "forma de poner en práctica algunos conocimientos, know-how y también las actitudes, dentro de un contexto específico"	((G. Berio, M. Harzallah, Knowledge management for competence management, Journal of Universal Knowledge Management 1 (2005) 21–28., page 154)

Como se acaba de mostrar en la tabla anterior el término competencia se puede interpretar de diferentes formas, durante esta investigación se condiciona al ámbito de la formación universitaria, por tanto pueden ser términos equivalentes respecto a las habilidades individuales: aptitud, cualificación, capacidad, conocimiento, actitud...

En el estudio "Competencias y habilidades profesionales para universitarios" realizado en 2006, se pone de manifiesto que la fuerte relación que tradicionalmente se ha mantenido entre las empresas y el buen expediente académico y el desempeño óptimo de un puesto de trabajo, se ha debilitado en gran medida. También se indica que las empresas comienzan a exigir de

sus candidatos cada vez más, ciertas competencias que habitualmente no han formado parte del currículo académico, como habilidades sociales, capacidad de trabajo en equipo, inteligencia emocional, etc. De este modo, los jóvenes universitarios no sólo deben poseer unos conocimientos teóricos suficientes, sino además una serie de nuevas destrezas tales como liderazgo, trabajo en equipo o manejo del estrés, que en el informe se detallan con profundidad [210]

Será necesario que la universidad y el docente universitario se adecue a un modelo de enseñanza basado en competencias y habilidades que demanda el mercado de trabajo, o lo que es lo mismo, un nuevo enfoque basado en la educación a lo largo de la vida, en consonancia con las nuevas demandas sociales y productivas del mercado laboral teniendo en cuenta las tendencias actuales de globalización, diversificación y multiculturalismo [197]

Para algunos autores el uso de ABP se recomienda en Ingeniería, principalmente porque promueve "[...] el aprendizaje profundo y desarrolla habilidades para resolver problemas, y traer mejoras significativa en relación con el desarrollo de capacidades generales y la promoción actitudes positivas entre los estudiantes. Su objetivo es desarrollar en el estudiante la capacidad de "aprender a aprender" es consciente de sus capacidades y que lo llevó a tomar un papel activo y responsable de su propia formación.

Se oponen al método tradicional de enseñanza, en el que las clases se basan en explicación teórica, la presentación de ejemplos y ejercicios que llevan a cabo y donde el profesor es visto como alguien que posee y transmite conocimientos al estudiante, que la recibe pasivamente"[106].

Según indican Passos; Herdy; Passos, 2010 " Todas las experiencias con PBL se caracterizan por tres puntos común: el aprendizaje centrado en el estudiante (que tiene la responsabilidad para definir lo que usted aprenderá cómo y dónde obtendrá la información), con activa la participación en el aula; Los profesores son facilitadores, observadores y provocadores en lugar de divulgadores y plomeros en el proceso del aprendizaje; y finalmente, el

problema sirve como el estímulo inicial y cómo frontera, en el proceso de aprendizaje” [106].

En la tabla 16, se recoge de manera resumida las diferencias más notables entre el aprendizaje centrado en el estudiante y el aprendizaje convencional.

Tabla 16. Aprendizaje centrado en el estudiante vs aprendizaje convencional. Fuente: R.Cannon, Z. Kapelis and D. Newble (2001)[211]

Aprendizaje centrado en el estudiante	Aprendizaje convencional
Los estudiantes tienen un rol responsable y activo (en la planificación de su aprendizaje, interacción con el profesor y otros estudiantes, en la investigación y en la evaluación)	Normalmente los estudiantes son pasivos (no hay rol en la planificación del aprendizaje)
Los estudiantes tienen que escoger qué y cómo aprender	La mayoría de las decisiones las toma el profesor
Énfasis en la integración del aprendizaje a lo largo del currículum	Énfasis en el aprendizaje de una sola materia
El profesor como guía, mentor y facilitador del aprendizaje	El profesor como dispensador experto del conocimiento y controlador de las actividades
Motivación intrínseca (interés, curiosidad, responsabilidad)	Motivación extrínseca (notas, teacher praise)
Centrado en el aprendizaje cooperativo	Aprendizaje individual y competición entre estudiantes
El aprendizaje puede estar en todas partes	El aprendizaje está confinado en sitios fijados: clases, bibliotecas, laboratorios

Más flexibilidad en el aprendizaje y enseñanza	Métodos relativamente inflexibles
Más flexibilidad en la evaluación, con la auto evaluación y la evaluación por iguales como las más comunes.	Evaluación como responsabilidad del profesor, con los exámenes finales como centro.
Perspectiva a largo plazo: énfasis en el aprendizaje a largo plazo	Perspectiva a corto plazo: énfasis en completar el trabajo asignado y aprendizaje para los exámenes

2.4.3. Necesidades para la implantación de BIM

Según el estudio realizado en 2013, las competencias más valoradas por los empresarios para contratar a los egresados es el grupo de competencias afectivas: "liderazgo", "trabajo en equipo", "habilidades de colaboración" y "don de gentes", las cuales están estrechamente relacionadas. Muchos investigadores han puesto de relieve la importancia de las habilidades de trabajo en equipo y la colaboración para profesionales y los graduados del sector de la construcción [147]. En 2011, la autora de esta tesis realizó un trabajo de investigación [95] en el que el 74% de los encuestados indicaba que las habilidades con que se dota a los futuros profesionales del sector durante sus estudios cubren POCO o NADA las requeridas en el mundo laboral. En este trabajo la mayoría de los participantes (84%) consideraron que el sector de la construcción se ha quedado estancado respecto a las nuevas tecnologías. Además el 97% consideró que es la comunidad educativa la que debe ir por delante, dando a conocer y adaptándose a las nuevas tecnologías, para formar a los estudiantes con herramientas que les serán requeridas en el mundo profesional.

Después del repaso realizado a las distintas metodologías de docentes, se ha visto que las metodologías más adecuadas para la adquisición de

competencias son en las que el alumno es parte activa del proceso enseñanza/aprendizaje, y no un mero espectador como se ha venido considerando tradicionalmente. El estilo de enseñanza clase tradicional se queda corto para servir como herramienta de comunicación eficaz para la transferencia de conocimientos a los estudiantes [182].

Según Barison y Santos en su trabajo realizado en 2013, estiman que el aprendizaje basado en problemas y/o el aprendizaje basado en proyectos son adecuados para el desarrollo de proyectos BIM con grupos de estudiantes [212].

Las características que ayudan a BIM para servir como un mejor aprendizaje y herramienta de enseñanza son la accesibilidad a la información (el tiempo de acceso a la información se reduce en BIM a un clic del ratón) y mejora la visualización. Así el modelo 3D además se puede utilizar para aprender sobre el proceso de construcción [182].

En muchas ocasiones la falta de habilidades de visualización 3D limita la capacidad de los estudiantes para comprender la secuencia de construcción. Las herramientas BIM pueden facilitar la enseñanza de conceptos de construcción de una manera más visual e interactiva. Así que BIM tiene el potencial de mejorar en gran medida la experiencia educativa de los estudiantes" [182].

A medida que BIM es utilizado en las distintas disciplinas de la industria AEC será cada vez más importante será cada vez más importante adquirir competencia en las aplicaciones BIM. En consecuencia, los educadores en todos los campos relacionados con la industria AEC deben tener en cuenta el papel de la tecnología BIM tanto en el diseño como en la educación técnica [92].

Además de utilizar la tecnología de BIM para producir la documentación y usar las capacidades de visualización en 2D y 3D, también se utilizan funcionalidades adicionales tales como: la gestión del cambio en los

documentos 2D y 3D, detección de conflictos, validación del diseño, y análisis de rendimiento de los edificios [92].

En ese mismo estudio se consideró que el grupo de competencias cognitivas, ocupó el segundo lugar en importancia por los empresarios. Este grupo incluye la comprensión de las cuestiones éticas, resolución de problemas, el pensamiento crítico, la capacidad de adaptación, pensamiento interdisciplinario, y la conciencia de la seguridad en el trabajo.

Hoy en día, las competencias técnicas también incluyen conocimientos informáticos relacionados con la construcción, tales como conocimientos de informática de dibujo, software de programación, software de contabilidad, software de gestión de proyectos, y BIM [147].

La incorporación de BIM en los programas de educación superior es un proceso difícil. El primero cuello de botella es la falta de personal con habilidades en BIM [145].

En un estudio realizado en 2009, se confirmó el aumento de la demanda en la industria sobre profesionales con formación BIM [109]. Así, para satisfacer las demandas futuras de la industria, el ámbito universitario debe interesarse en alinear sus resultados educativos con las prácticas actuales. Para ello deben proporcionar a sus estudiantes formación adecuada para adquirir habilidades que incluyan una amplia gama de conceptos BIM [92].

La educación, formación e investigación BIM son esenciales para impulsar no sólo su aplicación y uso, sino también la evolución de la industria [136].

Está claro que las instituciones de educación superior, con el apoyo del gobierno y la industria, tienen que incorporar plenamente la educación BIM en sus planes de estudio, para proporcionar a la industria AEC graduados con conocimientos BIM necesarios para la colaboración entornos de trabajo [213].

Estas tendencias a nivel mundial de inclusión de BIM en la enseñanza de las carreras profesionales afines al sector de la construcción, son la respuesta a un proceso de mejora continua de las tareas y actividades que hacen parte del desarrollo de un proyecto de construcción. Profesionales con el conocimiento y habilidades en el uso de BIM están siendo altamente demandados por las empresas vinculadas a esta industria y en algunos países del mundo por el sector público; por lo tanto las instituciones académicas encargadas de formar a los profesionales de este campo identifican la necesidad de preparar a los futuros profesionales del sector con las competencias laborales que la industria y el mercado demanden, para así contribuir desde su posición a mejorar los niveles de productividad de la industria y de los profesionales que estas mismas gradúan. [164]

El modelado de información de la construcción presenta una oportunidad para los estudiantes a adquirir las habilidades necesarias que imita las prácticas de la vida real en la industria. Se prevé que BIM proporciona un entorno virtual menos costoso para el aprendizaje práctico, no sólo para las tareas de construcción físicas repetitivas, sino también para las actividades de gestión de proyectos [214].

La demanda de profesionales BIM cualificados es ya muy significativa [122], tal como se ha mostrado en el gráfico 10 del apartado 2.2.4.

Los resultados muestran que en unos cuatro años las necesidades de profesionales con conocimientos BIM se ha multiplicado por diez, a pesar de la baja actividad del sector tras la crisis económica global sufrida. Este dato del aumento de demanda de profesionales con conocimientos BIM es indicado por varios autores [122] Este rápido crecimiento está dando lugar a problemas en la implantación del BIM en el sector, siendo el principal de ellos la falta de formación de los técnicos en este ámbito [187][215][79][216].

En este momento existe una gran brecha tecnológica entre los métodos de enseñanza universitaria y la realidad profesional [188][181]. La adquisición de habilidades exigidas en los planes de estudio y las demandadas por las

empresas deben converger en lo referente a nuevas tecnología. Para evitar la falta de conexión entre el uso actual de estas tecnologías en la educación y el desarrollo de las tendencias en la práctica profesional [217].

2.5. DE LA IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTAS BIM EN LA UNIVERSIDAD

La adaptabilidad a las habilidades cambiantes que el sector de la construcción necesita es un reto para todos los sistemas de educación y formación [61]. Siendo profesiones orientadas a la práctica, es importante que los educadores entiendan el conocimiento cambiante y las competencias que los graduados necesitarán en el futuro [89].

Algunos autores apuntan como principal recomendación, la necesidad de mejorar la formación de los profesionales del sector como la más evidente [39]. Considerando de suma importancia el papel que tiene el mundo académico en la transformación de la industria impulsado por BIM [218].

La transición a BIM (Building Information Modeling) impone nuevas exigencias en el conocimiento de todos los participantes el proceso de construcción a lo largo de todo el ciclo de vida de los edificios [79]. Para hacer frente a las necesidades futuras, es evidente que las instituciones de educación superior, con el apoyo y respaldo de gobierno y la industria, necesita incorporar plenamente la educación BIM en sus planes de estudio. Para proporcionar a la Industria AEC, egresados con habilidades BIM requeridos para trabajar en entornos de colaboración BIM de los cuales van a formar parte [219].

A medida que aumenta la demanda por parte de la industria de egresados con conocimientos y habilidades BIM, las instituciones educativas tienen el reto de integrar BIM en los planes de estudio que deben cumplir la tradicional evaluación de acreditación [89].

2.5.1. Introducción de CAD en las aulas

A finales de los años 80, dio comienzo la introducción de los ordenadores en el sector, principalmente de la mano de las aplicaciones CAD. La dependencia de los ordenadores en el sector ha aumentado dramáticamente en estas casi tres décadas, como consecuencia del impacto que supuso la introducción de CAD en la industria [87].

Mientras que en el entorno académico, el CAD ha sido rechazado durante años por algunos profesores que no comprendían lo que era realmente. Unos años más tarde, el uso de CAD se consiguió racionalizar en el mundo académico y muy rápidamente se convirtió en una necesidad que ni podía ni debía ser evitado. Pocos años después, la mayoría de los planes de estudio relacionados con la industria tenían algún curso CAD. En esencia, CAD sustituyó los métodos de producción convencionales, y se convirtió en un conocimiento técnico esencial [220].

Así la universidad trató de responder a este cambio, cubriendo la necesidad de enseñar CAD. Que se hizo cada vez más importante para garantizar que los egresados estuvieran preparados para desarrollar la actividad profesional [87][164].

CAD es en esencia un sustituto limpio del lápiz, la pluma y la escuadra en nuestros escritorios. Se emplea para la producción de dibujos y hoy en día nos encontramos CAD en todas partes, tanto en la práctica profesional como en el mundo académico [221]. Es por esto que la enseñanza de CAD debe seguir formando parte del plan de estudios, puesto que sigue siendo ampliamente utilizado por la industria [222].

Sin embargo, a pesar de que su uso es muy común, la falta de comprensión de las capacidades máximas incluso con una aplicación como AutoCAD es un problema importante. En estudios de arquitectura se encuentran muy pocas

personas que pueden personalizar AutoCAD, escribir macros, o crear aplicaciones. Lo mismo se aplica a las aplicaciones BIM que son aún más difíciles de manipular [221].

Según Martínez y Vigo, 1999, citado en [221] indican en un estudio referido a la actitud hacia del uso de los ordenadores en el diseño, que los estudiantes podrían ser más rápidos que sus profesores en comprender e implementar las herramientas digitales. Como está ocurriendo en muchas ocasiones.

CAD es vista como una habilidad básica, mientras que BIM es percibido como un tema más sofisticados o complejo [223], debido a la gran cantidad y variedad de información que se puede introducir en el modelo, se requieren altos conocimientos técnico para realizar modelos BIM.

2.5.2. Implantación de BIM en los estudios universitarios

BIM parece ser una herramienta educativa eficaz para la enseñanza en las distintas disciplinas que intervienen en la construcción, ya que actualiza un principio educativo fundamental, la instrucción centrada en el alumno [59].

La implantación de BIM debe llevarse a cabo en la universidad, debido a que las instituciones educativas son el mejor lugar para enseñar a los estudiantes de construcción los fundamentos básicos de BIM [109].

Las características BIM tales como el fácil acceso a la información, la visualización y la capacidad de simulación facilitan a los estudiantes descubrir los puntos fuertes y las debilidades de sus prácticas de aprendizaje y en consecuencia mejorarlas [182]. Además la formación BIM debe promover la colaboración, la comunicación y la gestión del cambio en los entornos de trabajo [224], facilitado por la capacidad de visualización que ofrece [225].

Según Barison, la implementación exitosa de BIM en un país depende de la respuesta de sus universidades en relación con este tipo de formación, ya que los profesionales cualificados actúan como agentes de la transformación de la cultura y la tecnología utilizada en la construcción [122].

Al igual que ocurrió con las aplicaciones CAD, ha sido la industria la que ha dado comienzo al cambio de paradigma BIM. Una vez puesto en práctica y obteniendo los consiguientes beneficios para el sector, se ha provocado una gran demanda de profesionales con conocimientos BIM. La escasez de personas con competencias BIM se ha convertido en un obstáculo significativo que retrasa y ralentiza el uso de BIM, es una de las barreras más reiterada por la bibliografía consultada [105] [223] [226] [227]. Como consecuencia y para poder hacer frente a la carencia de perfiles profesionales con habilidades BIM, la formación universitaria orientada al sector está incorporando este nuevo concepto de metodología de trabajo y conocimiento de las aplicaciones BIM en sus aulas. Por ello, la Universidad debe formar a sus técnicos a un alto nivel no sólo en los aspectos de cálculo y dimensionamiento de sistemas constructivos, sino también en las metodologías más eficientes para la ingeniería y la gestión del proyecto [74].

Es muy importante la formación universitaria en BIM, para evitar sesgos en su uso y para facilitar la implementación en el desarrollo de proyectos. La falta de formación BIM está asociada a su nivel de aplicación, puesto que si las personas no entienden cómo utilizar BIM es probable que se resistan a su uso y sigan trabajando de manera tradicional. Tanto en el ámbito académico como en el profesional, está muy extendido el uso de BIM para crear modelos tridimensionales de diseños, quedando relegada a un segundo plano las características y funciones que hacen que BIM añada valor a un proyecto.

En 2007, Dean realizó un estudio para examinar si BIM debería ser una asignatura para los estudiantes de gestión de la construcción. Según los datos recogidos, concluyó, que los programas de gestión de la construcción deben enseñar BIM a sus estudiantes. Las razones fueron las siguientes:

- Aproximadamente el 70% de los participantes de la industria indicaron que son usuarios o lo tienen en cuenta para usarlo en su empresa. Esta tendencia indica que la utilización de BIM en la industria de la construcción va a aumentar.

- Aproximadamente el 75% de los encuestados consideran a los candidatos para puestos de trabajo con habilidades BIM tienen ventaja sobre los que carecen de conocimientos BIM [228].

Otro estudio realizado en 2010, reveló que BIM puede y debe enseñarse directamente y no como una extensión de CAD. Además, en el mismo estudio se observó que los estudiantes que tenían experiencia previa en la utilización de CAD 2D tuvieron más dificultades al principio para aprender herramientas BIM que los alumnos que nunca habían usado CAD [223].

La educación y formación en BIM, está centrada principalmente en el uso de los paquetes de software BIM correspondiente, dejando de lado la necesidad urgente de educación en conceptos como Open BIM, gestión con BIM y trabajo en entornos colaborativos BIM [213]. Una visión de BIM únicamente como un software sería un enfoque más bien superficial e insostenible [229]. El nivel de conocimientos necesario para diseñar inteligentemente con BIM es significativo, y se debe tomar en seria consideración la forma en la que debe ser enseñado (Cheng, 2006, citado en [87]). La mayoría de las escuelas utilizan BIM para enseñar coordinación y modelado 3D [105] [230].

Los estudiantes de las distintas disciplinas son generalmente educados de forma independiente a los demás. Los modelos actuales para la enseñanza de los estudiantes de las disciplinas AEC no son compatibles con las nuevas demandas de la universidad y la industria [231]. BIM en realidad ofrece una gran oportunidad para involucrar a los estudiantes de manera más eficaz y para ayudar comprensión de cómo se construyen los edificios [231].

Otro aspecto divergente es el momento ideal para introducir BIM, la mayoría de las escuelas planea introducir BIM en años iniciales de sus planes de

estudio, mientras que las empresas prefieren una introducción de la disciplina BIM en los últimos años de la graduación. Se cree que esta diferencia se debe al hecho de que las escuelas no tienen la capacidad para enseñar las aplicaciones prácticas y reales [105]. Por tanto, todavía no hay una hoja de ruta para escuelas o instituciones sobre cómo podrían adaptarse a los desafíos de la industria y educar a los futuros profesionales en consecuencia [229].

Algunos autores indican que BIM es muy importante o importante para el futuro de la AEC. BIM es integrado en el plan de estudios de tres maneras diferentes: 1) parte de los cursos de tecnología existentes, 2) parte de otros cursos de construcción, o 3) como un curso independiente. La mayoría de los cursos de BIM en los programas participantes se ofrecen como optativos [105].

Ya se ha indicado la existencia de una demanda creciente de profesionales del sector con conocimientos BIM, sin embargo algunos estudios demuestran que no se está preparando a los estudiantes de manera oportuna para satisfacer este nuevo reto [232]. Mientras que las entidades gubernamentales y el sector privado utilizan BIM para la nueva construcción, los programas universitarios han sido mucho más lentos en incorporar la tecnología [233]. Las universidades se están quedando detrás de la industria de la construcción en cuanto a la adopción de la tecnología BIM [179]. Las universidades no están satisfaciendo actualmente las necesidades de la industria en términos de colaboración el diseño de edificios y la educación BIM [24]. El uso de un software BIM no garantiza automáticamente un nivel superior de colaboración [229]

Se ha demostrado que las principales características de BIM como herramienta de aprendizaje y enseñanza son la accesibilidad de la información y la visualización [234]. La importancia de la visualización como una forma de comunicación se deriva de nuestra constitución fisiológica [160], Materna, 2007, citado en [190], sugiere que entre el 40%-65% de los

alumnos son visualmente dominantes. Esta falta de habilidades de visualización, limita la capacidad de los alumnos para comprender la secuencia del proceso constructivo [235].

La educación BIM debe centrarse en el desarrollo de los conocimientos básicos, habilidades y actitudes de los estudiantes [121]. Hay que tener en cuenta que la expectativa de las escuelas es que el alumno adquiera durante su graduación un nivel de conocimiento BIM básico e intermedio [230].

Existe por parte de la industria una necesidad de habilidades como la colaboración, comunicación, liderazgo y facilitar la gestión de cambios junto a habilidades técnicas relacionadas con BIM [224].

La educación, formación e investigación BIM son esenciales para impulsar no sólo la aplicación, sino también la evolución de la industria [136].

El paradigma educativo debe evolucionar hacia un entorno de aprendizaje interactivo [236], actualizando las herramientas empleadas para la enseñanza a los requerimientos de la industria. Para ello el mundo académico y la industria deben formar una asociación para la transferencia de conocimientos. Los estudiantes y profesores pueden beneficiarse de la adquisición de experiencia, identificar los temas clave de la investigación y la producción de materiales didácticos [237]. Es fundamental para alcanzar ese objetivo establecer una cultura de colaboración a través de la tecnología entre educadores, estudiantes y la industria [185].

Situación internacional Educación BIM

La implantación de la metodología BIM es muy irregular a nivel internacional. En general ha surgido por iniciativas individuales de empresas, colectivos e incluso de personas, a pequeña escala [81]

Desde 2003, varias escuelas internacionales han comenzado las clases de herramientas BIM, pero la gran mayoría ha introducido BIM entre 2006 y 2009. Gran parte de las escuelas utilizan BIM para la enseñanza de la coordinación 3D, visualización y actividades de viabilidad constructiva [237].

La incorporación de BIM en los planes de estudio es un proceso difícil. El primer cuello de botella es la falta de personal con habilidades en BIM [145].

Según reveló un estudio realizado en 2015 [145], la educación y capacitación BIM está todavía en sus primeras etapas en todos estos países. No hay marcos nacionales o las directrices de los sindicatos o colegios profesionales para incorporar BIM en la educación superior. Sólo Reino Unido hay un marco preliminar desarrollado de la coordinación académica (este es, el marco académico BAF-BIM) para guiar la incorporación de BIM en la educación superior en el Reino Unido. En general este estudio reveló que BIM por lo general se enseña en cursos de postgrado.

En el estudio realizado por Rooney en 2014 [219], se analiza la situación de la educación en referencia a BIM y se expone lo siguiente:

➤ En Australia

La mayoría de las universidades están empezando a incorporar el tema del BIM en sus cursos de pregrado, aunque esto es muy a menudo a un nivel muy básico de información, simplemente cubre los conceptos de BIM o los aspectos básicos del uso de un paquete de software BIM en particular. El tema de gestión BIM o de los procedimientos de trabajo en un entorno colaborativo no son generalmente cubiertos en estos cursos.

El Instituto Australiano de Arquitectos (AIA) y Consult Australia (asociación de consultoría para empresas del sector de la construcción) establecieron un grupo de trabajo de educación BIM con miembros de la industria y de la universidad en 2011. Este Grupo ha elaborado una serie de documentos, publicado en agosto de 2012, lo que representa la posición del grupo y han de servir de base para seguir trabajando.

El grupo identificó que la introducción de BIM en la universidad sería un proceso de cambio difícil y, como cualquier proceso de cambio importante, sería probable encontrar resistencia. Algunas de las dificultades señaladas incluidos:

-La dificultad de introducir nuevos temas en un programa de estudios ya lleno de gente.

-La falta de familiaridad de los profesores con BIM y otras tecnologías y flujos de trabajo de ritmo rápido.

-La resistencia de algunos profesores a modificar los métodos de enseñanza establecidos, junto con una falta de voluntad por algunos para reciclar en nuevos temas.

-Incapacidad para superar los silos tradicionales de educación de AEC e impartir cursos y programas de colaboración.

➤ En Canadá

Aparte de las instituciones académicas, no se tiene constancia de todos los cursos o programas que enseñan BIM en Canadá por parte de proveedores independientes. George Brown College, en conjunto con BRE-Canadá, se encuentra en el proceso de distribución de un normas vendor-neutral/open / buildingSMART enfocado al tipo de programa / certificación para los técnicos, gestores y diseñadores.

Algonquin College está en el desarrollo de dos programas de certificación BIM: uno a nivel de pregrado y uno a nivel de postgrado. Ambos programas explorarán el cuadro más grande de BIM al tiempo que obtienen habilidades y el conocimiento en herramientas específicas, operaciones y procesos. Cursos-de software específico ya están ofrecido a los estudiantes en el programa de Arquitectura Técnica y por medio de la Educación Continua.

Algonquin College también ofrece ahora un programa de Licenciatura en Ciencias de la Construcción donde BIM se enseña en relación con las

funciones y responsabilidades del Profesional de Ciencias de la construcción. Específicamente, BIM la exposición y la enseñanza en este programa está relacionado con la visualización de la construcción de un sistema integral perspectiva, centrándose en la eficiencia energética, el rendimiento del edificio y los edificios como sistemas.

Los proveedores de software también están proporcionando entrenamiento con sus productos

➤ En China

La Unión BIM China ha dado muchas presentaciones de educación a cientos de profesionales BIM, presentado por el Sr. Huang Qiang, vicepresidente de la Academia de China de Investigación para la Construcción (CABR), el presidente de la junta de directores de la Unión BIM de China.

➤ En la República Checa

El Consejo BIM Checo oferta continuamente la educación BIM a través de seminarios, talleres y presentaciones.

➤ En Finlandia

Las universidades y escuelas politécnicas ofrecen educación BIM para sus estudiantes. Toda la construcción actual y estudiantes de arquitectura estudian BIM hasta cierto punto.

Para postgraduados hay un número de opciones:

-Las compañías de software. En particular vendedor local de Graphisoft está activo, hábil e innovador en proporcionar educación y formación.

-Varios cursos impartidos por una gran variedad de actores.

-Las grandes compañías como Skanska (construcción) y Senaatti (oficina del cliente del estado) organizan formación enfocada a la empresa según sea necesario.

-Según la encuesta BIM 2013, pidiendo colegas es la manera más popular de obtener información acerca de BIM.

➤ En Hong Kong

Algunas universidades están ofreciendo cursos BIM opcionales en sus programas de grado. El Consejo Profesional de Formación (VTC) ha incluido la capacitación BIM en sus programas relacionados con el Diploma Superior de la Construcción.

El Consejo de la Industria de la Construcción (CIC) está colaborando con los institutos de formación para aumentar BIM capacidad de la fuerza laboral y los profesionales de primera línea y para aumentar la capacidad del modelo BIM desarrolladores.

El CIC también va a organizar una serie de actividades de promoción de BIM en colaboración con la actores de la industria para aumentar la concienciación de la industria y la comprensión de BIM

➤ En Nueva Zelanda

BIM es impartido por algunos de los institutos terciarios y algunos proveedores de software también de una formación. La número de presentaciones y seminarios de la industria de una sola vez también se han llevado a cabo.

Construcción de Información Limited (CIL) han proporcionado una serie de seminarios para los fabricantes de productos.

➤ En Noruega

No existe un requisito del gobierno central para la educación BIM en un nivel terciario. Educación BIM en colegios y universidades es impulsado por un par de profesores comprometidos. Existen al menos siete facultades que se están ejecutando cursos openBIM y varias universidades que tienen estudios especiales de BIM. Junto con diversas organizaciones de los clientes,

buildingSMART Noruega están presionando a las facultades y en el nuevo gobierno en relación con la educación BIM.

buildingSMART Noruega están cerca de la liberación de un programa educativo. El programa no se enseña por buildingSMART pero estará en la forma de un plan de enseñanza que se utilizará en los cursos para estudiantes y profesionales. El programa consiste en un curso básico y tres función cursos específicos para clientes, arquitectos / ingenieros y contratistas. Se propone también para proporcionar un plan de enseñanza para los negocios líderes ya tiempo para FM / Operaciones / Mantenimiento.

Los planes de enseñanza no incluyen la formación de software específico sino que se centran más bien en la manera de comportarse de una multidisciplinar entorno openBIM. Los planes son de uso gratuito para los miembros buildingSMART Noruega organizaciones.

El programa educativo consta también de un programa de certificación de usuario, donde los usuarios pueden realizar un examen y obtener un diploma de la documentación de sus habilidades BIM. Hasta la fecha, el programa sólo se ha desarrollado en Noruega, pero se prevé que cuando esté terminado será traducido al Inglés.

Norconsult también ofrece cursos de BIM relacionados con su propio software

➤ En Reino Unido

Recientemente, Oliver en su tesis doctoral, realiza un resumen de la implantación de la metodología BIM en los estudios de grado de Reino Unido:

- La implantación de BIM en la universidad del Reino Unido es bastante irregular y heterogénea.
- Si tiene presencia en los programas de grado la tiene como herramienta de diseño en 3D o a nivel de introducción de fundamentos básicos de la metodología.

- Cuando está implantada lo está seguro en el posgrado concretamente a nivel de máster, de lo cual se puede deducir que en todos los casos se empezó implantando a ese nivel.
- Es en los programas de máster cuando aparece BIM colaborativo, BIM estructural, MEP.
- No se ha detectado ningún programa (ni de grado ni de posgrado) en el que se haga referencia a BIM en relación a la fase de explotación del edificio y su mantenimiento.
- Tampoco la investigación en BIM aparece como una constante ni de forma específica todavía en todas ellas, aunque es cierto que existen algunas estructuras especializadas.
- Cuestiones como el trabajo colaborativo, la gestión de la información, la comunicación entre agentes, los propios agentes, el flujo de trabajo, el ciclo de vida del edificio, los métodos de trabajo, etc., cuando aparecen en las tablas de objetivos y competencias de los diferentes grados, no van en la mayoría de los casos ligados a competencias o habilidades BIM.

Hay una serie de cursos de postgrado sobre BIM siendo proporcionados por instituciones de enseñanza superior en todo el Reino Unido:

- Universidad de Middlesex.
- Universidad de Salford.
- Universidad de Gales del Sur.
- Universidad de Liverpool.
- Universidad de Northumbria.
- Birmingham City University.
- La Universidad de Sheffield.

-Universidad de Wolverhampton

Muchas de estas instituciones también ofrecen certificados de postgrado y otros cursos de BIM.

El BNE tiene BIM como un 'área temática' en su página web, con un montón de artículos, vídeos e informes. Este material educativo en un sentido amplio. También hay muchos eventos / conferencias / exposiciones celebradas en todo el Reino Unido sobre el tema de BIM

Este trabajo concluye: Algunos países, como el Reino Unido, parecen estar a la cabeza en cuanto al número de BIM postgrado cursos disponibles en las universidades.

➤ Estado Unidos

Según Oliver, 2016: “Los inicios de la implantación de BIM en los currículos universitarios estadounidenses se pueden datar en 2003. A partir de ahí el recorrido, coincidiendo con lo que está ocurriendo en Europa, también es lento y variado.

La industria en EEUU ha tenido un nivel de conciencia en BIM mucho mayor y más adelantado en el tiempo. La relación de la industria con la universidad en EEUU es también mucho mayor por su cultura de mecenazgo. Por esa misma relación universidad-empresa, los contenidos BIM introducidos en los currículos, las metodologías docentes empleadas y las formas de trabajo, lo han sido para responder a las necesidades del sector productivo. En resumen, la universidad ha respondido en tiempo y forma a lo que esa industria, que rige sus pasos y los del país, demandaba: profesionales formados en BIM y a tiempo”.

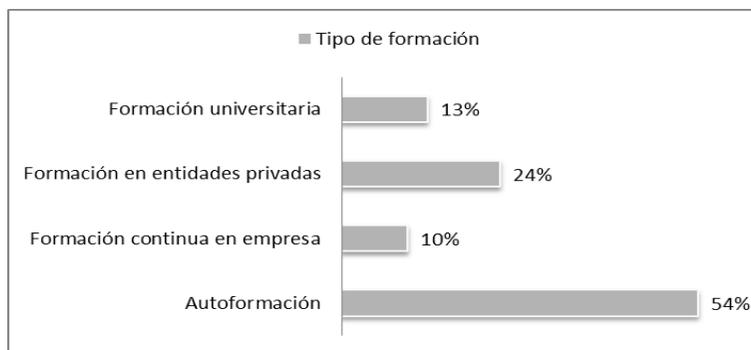
Al parecer, la mayoría de la educación BIM disponible hasta la fecha se centra en la capacitación en el uso de determinados paquetes de software BIM. Se desprende de las respuestas recibidas y los diversos resultados de las encuestas revisadas, que la conciencia BIM.

Después de los informes de varios autores, es evidente que a nivel internacional la adopción de BIM en la educación también varía de una universidad a otra, no hay consenso sobre cuándo o cómo esto se puede hacer [106]. Puede ser identificado, sin embargo, dos formas básica ya experimentadas: mediante la creación de disciplinas específicas sobre el tema o el uso de BIM en disciplinas existentes [223]; [180] [239] [215]; [240]; [105].

Situación nacional Educación BIM

En los primeros años, la formación BIM ha venido de la mano principalmente de entidades privadas, proveedores de software y autoformación. En el trabajo fin de Máster realizado en 2011 [95], se indicaba esa situación. El siguiente gráfico muestra que la mitad de los participantes en la encuesta habían aprendido alguna herramienta BIM de forma autodidacta, seguido del 24% que lo había hecho en entidades privadas. La formación universitaria era escasa.

Gráfico 16. Tipo de formación BIM

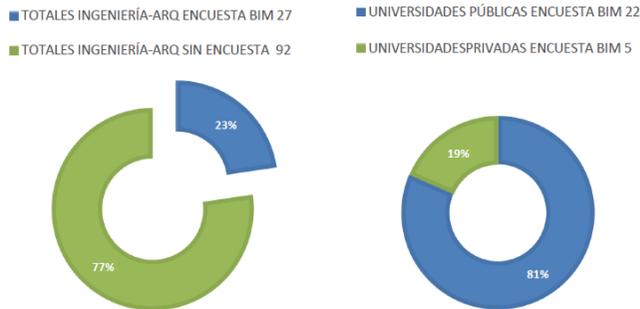


En ese estudio también se realizó una pregunta en referencia a la necesidad de incorporar BIM en los estudios universitarios, el 86% de los participantes Sí lo consideraban necesario. También reveló que el 46% de los encuestados cree que la principal causa por la que no se incluyen estas herramientas en los planes de estudios es debido a la falta de personal docente capacitado. La segunda causa con un 29% es debido a la falta de experiencia docente en esta materia y la tercera con un 25% serían los altos costes de implementación. Dato muy en línea con el obtenido en un estudio realizado en EE.UU. [105], 2011), en el que el 55% por ciento de los programas educativos que no tienen cursos de BIM dijo que la razón es que no hay nadie para enseñar a BIM.

La situación en España es reflejo de la tendencia internacional de aumentar la formación BIM, pero con un retraso de varios años con respecto a los países más adelantados. Con una oferta creciente y especializada en formación Postgrado (máster y cursos de expertos) en universidades públicas y privadas. Sin embargo la formación universitaria en este campo carece de entidad [241].

Ha sido a partir de 2015, tras la constitución de la comisión esBIM, que la situación tanto profesional como formativa está cambiando. Uno de los objetivos de esta comisión era la difusión y la divulgación, si bien aún queda mucho camino por recorrer, ya se no nota su actividad. Cabe mencionar en este apartado el trabajo más reciente realizado sobre la situación actual de la formación BIM en nuestro país. Promovido y elaborado por el Grupo de Trabajo 2: Personas que forma parte de la Comisión esBIM, “La enseñanza de BIM en la Universidad. Ingeniería Civil” [242], con fecha de 2016. En él se indica el proceso llevado a cabo mediante encuesta y la difusión a todas las universidades en las que se imparte cualquiera de las especialidades que forman parte del sector AEC. Uno de los resultados obtenidos en este estudio ha sido que en el 23% de las universidades se está impartiendo formación BIM, y que la mayoría son universidades públicas.

Gráfico 17. Universidades con formación BIM. Fuente:[242]



Por especialidades o ramas de formación destacan las titulaciones de Edificación o arquitectura técnica, 37% de estas ofrecen formación BIM.

Además siguiendo los pasos de algunos de los países más avanzados en la integración de BIM, como puede ser Reino Unido, en el que se creó el BAF⁶¹ (de sus siglas en inglés BIM Academic Forum) al principio de poner en marcha su plan estratégico para implementar BIM en el sector. En España, también se crea *esFAB*⁶², que es el Foro Académico BIM. Forma parte de la BuildingSmart Spanish Chapter. Es una red sin ánimo de lucro centrada en fomentar el uso y buenas prácticas de la metodología BIM. El principal objetivo es servir de punto de encuentro donde los docentes de las distintas universidades puedan formar sinergias en aras de mejorar la formación reglada mediante BIM.

2.5.3. Beneficios para la integración de BIM

Además de los ya sabidos beneficios que aporta el uso de BIM al sector de la construcción, también puede contribuir en el aprendizaje de los alumnos, mediante su empleo docente. Tanto es así que BIM en realidad ofrece una gran oportunidad para involucrar a los estudiantes de manera más eficaz y para ayudar a comprender cómo se construyen los edificios [231]. Ya que el

⁶¹ BIM Academic Forum <http://www.bimtaskgroup.org/bim-academic-forum-uk/>

⁶² <https://oliebana.com/2015/12/18/esfab-foro-academico-bim/>

estudiante pueda tener una mejor visión de conjunto de todo el proyecto y de cómo se trabaja en la industria[104].

Según Checucci [106] " la percepción de investigadores que trabajan con BIM, así como los investigadores que estudian la influencia el uso de herramientas tecnológicas en los procesos de enseñanza-aprendizaje indican que el uso de modelos de información de la construcción indican que:

- a) mejora la capacidad cognitiva de los estudiantes y les anima a trabajar con proyectos complejos;
- b) mejora la visualización espacial y la comprensión del espacio y la construcción y Proporciona más recursos para la toma de decisiones y resolución de problemas;
- c) facilita el aprendizaje de los contenidos de ingeniería;
- d) mejora la capacidad cerebral para apoyar los procesos cognitivos, como el recuerdo y la memoria; atención; la planificación y la anticipación; la reconocimiento, interpretación y comprensión;
- e) facilita el conocimiento explícito acerca de la construcción, la promoción desarrollo de la atención, el razonamiento y la creatividad.

La introducción de un modelo nD permite a los docentes crear proyectos en clase que permitan el uso de casos más realistas que simulan mejor las condiciones del proyecto en la realidad, ayudando a los estudiantes a ver, por ejemplo, cómo los diferentes métodos de gestión se integran unos con otros o aprenden cómo optimizar los proyectos [243] [192].

Los estudiantes que emplearon BIM en su proyecto final de carrera, indicaron que les ayudó a visualizar sus diseños de una manera más integral. La facilidad de generación de dibujos de dos dimensiones a partir del modelo tridimensional era un factor importante en la decisión de usar BIM. Otro factor importante en la elección de aprender y emplear BIM en sus proyectos

era mejorar sus habilidades BIM, ya que consideraban que sería una ventaja en la búsqueda de empleo [244].

La tabla 17 muestra los resultados de los principales beneficios encontrados en los casos de estudio que se han seleccionado para la investigación. De los 57 casos estudiados se ha encontrado que la mejora en la capacidad de visualización, es el más repetido. De hecho, la mayoría de las escuelas utilizan BIM en la enseñanza para mejorar la visualización [237].

Tabla 17. Principales beneficios de la implantación de BIM en los estudios universitarios. Elaboración propia

BENEFICIOS	¿POR QUÉ?	Nº casos
Mejora la capacidad de visualización	Característica inherente a los software BIM, modelado en 3D	28
Aumenta la motivación y el aprendizaje del estudiante	Permiten un aprendizaje más interactivo.	22
Mejora de la comprensión de los procesos constructivos	Debido a que se puede hacer una simulación virtual	18
Mejora la productividad del estudiante	Debido a que elimina gran parte de las tareas repetitivas y redundantes	12
Mejora las tareas de estimación y planificación	Debido a la accesibilidad de la información	12
Facilita la adquisición de competencias	ESTO ES LO QUE SE PRETENDE DEMOSTRAR	

2.5.4. Barreras para la integración de BIM

El mundo académico tiene un papel importante en la transformación de la industria impulsada por BIM [218]. Por esto, es fundamental que la

universidad se sitúe a la vanguardia de los últimos avances en cada una de las disciplinas y forme a los nuevos profesionales que van a poner en práctica el BIM en la industria [131]. Una de las principales barreras que se indica en la literatura consultada para integrar BIM en los planes de estudio es la dificultad de las instituciones universitarias a incluir cambios en los planes de estudio. Las organizaciones educativas se enfrentan a una gran cantidad de obstáculos para la educación BIM y el peor de los casos es la resistencia activa de los educadores para integrar BIM en sus asignaturas actuales [245]. Los Profesores mayores tienden a ser más reacios a adoptar enfoques digitales y computacionales en la enseñanza de proyectos, mientras que los tienen capacidades digitales no tienen influencia significativamente la cambios curriculares [122].

A continuación se indican una serie dificultades o retos que se han de superar para la implantación de BIM en los estudios universitarios, según distintos autores.

La falta de personal cualificado se identifica como el mayor impedimento para el éxito en la adopción de BIM [215], sin embargo esta barrera será temporal e irá desapareciendo a medida que vaya madurando la tecnología y se vayan formando más especialista en este campo.

Algunos autores consideran que el modelado requiere experiencia en conocimientos de construcción que no se entienden fácilmente por lo estudiantes [184] y [88]. Otros hacen referencia a la falta de espacio en los planes de estudio para añadir clases adicionales [246] y [233]. También es considerada una barrera la falta de exigencia en los estándares de acreditación, Denzer and Hedges, 2008 y Livingston, 2008, citado en [108]

Según Pikas y Sacks [108], otros problemas para la inclusión de BIM son: la escasez de materiales y libros de texto, complejidad del tema en BIM, falta de apoyo de la facultad/universidad.

En base a la literatura consultada a este respecto Checucci [106] resume las dificultades encontradas para la inclusión de BIM en los planes de estudio en las distintas universidades a nivel internacional:

- Falta de profesores capacitados
- Falta de interacción entre los distintos departamentos
- Falta de infraestructura
- Coste de la tecnología
- Falta de tiempo o recursos para desarrollar un nuevo plan de estudios
- Dificultades en la comprensión de los conceptos involucrados en el paradigma
- Mala comprensión de los procesos BIM
- Falta de bibliografía y tutoriales específicos
- Falta de reglas establecidas por los órganos para la validación de los cursos

Según Laurillard, 2002 citado en [168], explica que una de las razones por las que la universidad se reduce el potencial pedagógico que pueden ofrecer las TIC, es que muchas de las generaciones de profesores universitarios no han aprendido a través de la tecnología por lo que en la práctica se desarrollan lentamente. Además como las tecnologías cambian rápidamente, los profesores no tienen tiempo para aprender de la experiencia y tienen dificultades para mantenerse al día por lo que pueden sentirse reacios a invertir tiempo y esfuerzo en las últimas tecnologías [168].

"Una característica de los ambientes académicos en todos los niveles es la presencia y el papel crítico del profesorado. Lograr el cambio tecnológico en un entorno académico tiene un impacto directo sobre las funciones de los

miembros de la facultad y es a menudo percibida por ellos como la creación de trabajo adicional e innecesario. Así que la capacitación de los docentes es una estrategia imprescindible" [168].

La exploración personal del software puede ser una experiencia de aprendizaje, pero existe la posibilidad de encontrar muchos obstáculos que pueden causar que sea una tarea frustrante. Sin embargo, con la disponibilidad de materiales en YouTube y en otros sitios web de aprendizaje, cada vez es más fácil la propia exploración del software BIM [247].

En 2008 Kymmel [120], presenta las principales causas observadas en cada tipo de obstáculo para la implantación de BIM en la universidad.

Tabla 18. Principales desafíos para la implantación BIM en la universidad. Fuente:[120]

Tipo de desafío	Desafío
Entorno académico	Tiempo
	Madurez
	Recursos
	Normas
	Plan de estudio
Conceptos BIM	Enseñanza individualizada
	Enseñanza tradicional
	Poco trabajo en equipo
	Falta de colaboración
Herramientas BIM	Creatividad
	Aprendizaje

	Enseñanza
	Conocimientos

En este trabajo Kymmel, resumió los siguientes tres desafíos:

Dificultad en el aprendizaje y el uso de software BIM (gran dedicación de tiempo), falta de comprensión de los procesos BIM, y los problemas relacionados a las circunstancias del entorno académico [120].

En 2013 Barison [212] realiza una investigación más detalla cuyos datos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 19. Tipos de obstáculos para la implantación de BIM en la universidad. Fuente: [212]

Tipo de obstáculo	Obstáculo
Metodología	Falta de una metodología para la enseñanza BIM
	Dilema entre enseñar a los estudiantes el proceso BIM o formarlos en herramientas BIM
Profesores	Escepticismo
	Falta de profesores capacitados para enseñar BIM
	Poca disposición para aprender o enseñar BIM
	Falta de voluntad para cambiar el plan de estudios
	Alto coste para la formación de profesores
Organismos de certificación curricular	Falta de reglas claras para la enseñanza BIM
	Falta de espacio en el plan de estudios para incluir nuevas disciplinas
	Falta de tiempo para desarrollar nuevos planes de estudio
	El plan de estudios no está enfocado en BIM
	La implementación de BIM en el plan de estudios llevaría tiempo

	Dificultades para promover la integración de diferentes áreas en el plan de estudios
	BIM requiere diversas disciplinas y niveles de educación
Recursos de las aulas	Falta de materiales específicos para la enseñanza BIM
	Falta de buenos ordenadores y equipos
	Problemas relacionados con el software/hardware
	No saber cuál será la herramienta adoptada por la industria en un futuro
	Falta de recursos para la enseñanza BIM
	Dificultades para conciliar horarios entre grupos interdisciplinarios
	Elevado número de alumnos por aula

2.5.5. Curva de aprendizaje, dificultad de aprendizaje

El aprendizaje autodidacta de la herramienta BIM, puede llevar a los alumnos a experimentar ciertos niveles de frustración. Debido a que las herramientas BIM son complejas para ser operado sin ninguna orientación [184]. Así la recomendación de iniciar el aprendizaje de la herramienta BIM por sus capacidades de dibujo 2D, es dada para reducir la curva de aprendizaje de modelado BIM [248]. Sin embargo, otros autores indican que no es necesario saber CAD 2D para aprender BIM [148].

La falta de conocimientos de herramientas BIM y de los conceptos que van aparejados a su uso puede llevar a los alumnos a tener dificultades para comprender el proceso de creación del modelo [88] o para crear superficies curvas y geometrías complejas [216].

Si BIM se introduce sólo en los últimos años, como parte de un proyecto multidisciplinar, los estudiantes tienen que convertirse en expertos en el uso

del software y al mismo tiempo aprender el Proyecto de colaboración [24]. Sin embargo el tiempo dedicado al aprendizaje de la herramienta, en tan poco tiempo supone a los estudiantes mucha carga de trabajo. Por ello es conveniente la formación en BIM temprana de los estudiantes, con ello se puede a acelerar su curva de aprendizaje [60].

Según, los estudiantes indicaron como punto fuerte para mostrar interés en el uso de BIM que es visto como un requisito importante del mercado de trabajo [244].

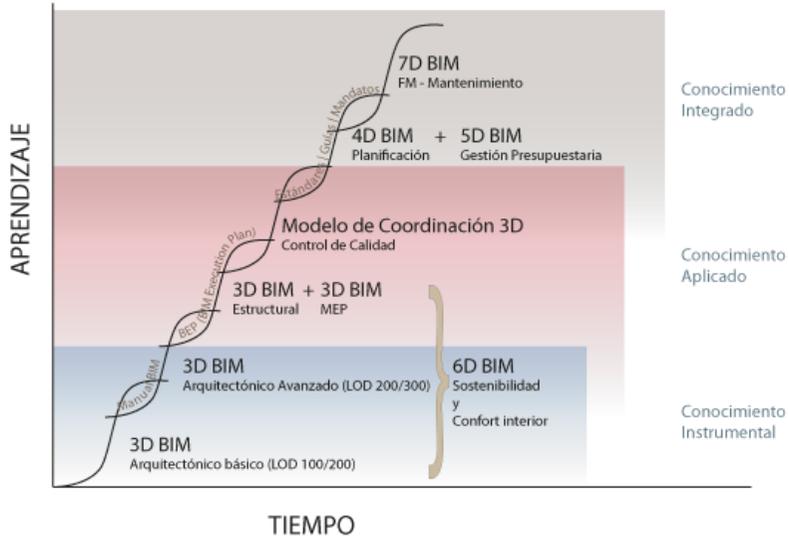
Algunas de las recomendaciones concluyen (después de poner en práctica el uso de BIM en los proyecto) [244], que sería adecuado:

- posicionar el curso BIM como optativa antes del inicio del proyecto final para que los estudiantes puedan tomar ventaja de BIM desde la etapa de diseño esquemático en lugar de tener una curva de aprendizaje empinada para BIM durante la experiencia culminante

- aumentar contenido del curso BIM desde más allá fundamental para hacer frente a problemas de modelado complejas similares encontradas por los estudiantes en el ciclo de culminación actual”

A continuación se muestra el gráfico que representa la curva de aprendizaje de BIM, relacionado con cantidad de información de las distintas disciplinas incluida en el modelo (esto es las dimensiones del BIM).

Gráfico 18. Sucesión de curvas sigmoideas del aprendizaje BIM del estudiante. Fuente: [81]



En el gráfico anterior se muestra como primer paso al aprendizaje de BIM, el conocimiento instrumental. Es fundamental que los alumnos aprendan el manejo de herramientas para poder llevar a cabo un aprendizaje completo de la metodología BIM.

2.5.6. Currículum para la docencia

En el estudio realizado por Pikas en 2013 [108], se dan las siguientes directrices para la inclusión de BIM en los planes de estudio:

En el primer y segundo año, se necesitan cursos BIM que se centren directamente en:

- los fundamentos de la representación de la información
- modelado por ordenador para representar el diseño de ingeniería
- aspectos tecnológicos de las herramientas BIM

Curso de último año, incluir aspectos de BIM como parte de la ingeniería y la gestión

- coordinación del diseño
- planificación y control de proyectos de construcción

Curso de nivel avanzado, incluir aspectos:

- colaboración y gestión de organizaciones y proyectos a través de BIM

Así en los dos primeros años, la atención se centra en las habilidades individuales de modelar y analizar el modelo, mientras que en los años siguientes, es más el trabajo en equipo y hacer frente a la complejidad a través de la colaboración. En el último año, los estudiantes deben trabajar en proyectos reales de construcción en colaboración con empresas[72]. Sacks y Pikas, argumentan que los contenidos relacionados con BIM deben distribuirse a lo largo de la formación de los estudiantes de las especialidades AEC [121].

En el estudio realizado por Barison y Santos [237], se establecen tres niveles de cursos BIM.

- **Introdutorio.** Es nivel más básico, el alumno no necesita tener conocimientos previos de herramientas CAD, ni otras herramientas informáticas.

Objetivos: conocer la herramienta y los conceptos básicos de BIM. Desarrollar habilidades de modelador BIM. Creando un modelo sencillo y aprender a manipular sus componentes y su comportamiento.

- **Intermedio.** En este nivel los alumnos deben tener conocimientos BIM, hay que saber fundamentos de diseño, conceptos BIM y tener experiencia en alguna herramienta BIM

Objetivos: aprender otra herramienta BIM (entender roles, capacidades y limitaciones) y técnicas de modelado avanzado; saber sistemas de construcción; explorar familias BIM; aprender a utilizar modelos BIM 4D y 5D para procesos; aprender a hacer análisis y simulaciones desde el modelo y presentar una actitud de aprendizaje continuada hacia la tecnología.

- Avanzado. En este nivel se recomienda tener conocimientos de tecnología; materiales y métodos de construcción; tener prácticas profesionales; poseer experiencia en la utilización de las principales herramientas BIM, así como conocimientos de conceptos BIM y lenguaje de programación.

Objetivos: aprender técnicas y procedimientos relacionados con BIM. Aprender procesos de formación y dinámica de equipos. Educar a los estudiantes sobre el valor de la colaboración. Saber cómo se ejecutan los proyectos, como las disciplinas aportan información, qué información se necesita y cuándo y cómo la información puede ser intercambiada. Saber cómo colaborar cuando los equipos de proyectos están dispersos geográficamente. Tener experiencia de trabajo con la industria y en los equipos. Aprender a hacer presentaciones (oral y escrita)

Por su parte los autores Guidera y Mutai [92] también distinguen tres niveles para introducir BIM en la formación de profesionales vinculados al sector:

Nivel 1: Introducción a los conceptos BIM. Los temas incluyen el uso de herramientas BIM para mejorar la comunicación y la visualización en la construcción, las habilidades fundamentales de visualización digital, debates sobre herramientas BIM disponibles, incluyendo conceptos subyacentes, como la tecnología de objetos y tecnología paramétrica, y una formación práctica con algunas de las principales soluciones de BIM. Estos son conceptos generalmente de pequeña BIM.

Nivel 2: El uso de herramientas BIM para el análisis de la construcción relacionada con la geometría, como el cambio gestión de datos 2D y 3D. Esto

incluye la gestión de los datos BIM a partir de una variedad de modelos específicos de la disciplina, como modelos arquitectónicos, estructurales y MEP y su uso para la variedad de funciones tales como la validación del diseño, la clarificación alcance, choque / detección de conflictos etc.

Conceptos relacionados con BIM BIG como las estrategias para la colaboración efectiva con el resto del proyecto interesados, incluidos los problemas de interoperabilidad entre diferentes aplicaciones BIM. También Aquí se incluye estrategias para la extracción de información útil a partir de los modelos BIM para permitir efectiva la toma de decisiones.

Nivel 3: El uso de herramientas BIM para el análisis de la construcción allá de la geometría. Esto incluye temas tales como la estimación, planificación, rendimiento energético, etc. Otros cambios BIM-relacionadas dentro de la industria, tales como actualizaciones de los últimos avances tecnológicos, y el proceso de los temas relacionados, tales como integración de procesos BIM en flujos de trabajo existentes, los conceptos innovadores como integrado ejecución de proyectos, la construcción sin pérdidas, la construcción BIM y sostenible, las cuestiones legales y de seguros como consecuencia del uso de BIM, y la discusión de las tendencias futuras.

Para definir el contenido BIM específico que se debe enseñar en los niveles de pregrado, postgrado y profesional, Sacks y Pikas [121], crearon una metodología basada en la Taxonomía de Bloom. Los autores determinaron significados para cada nivel cognitivo de la Taxonomía Bloom:

- SABER: que el estudiante conozca la existencia aplicaciones BIM, pero no sabe el significado.

- COMPRENDER: el estudiante comprende el contenido BIM, pero no tiene la capacidad para utilizar dicho conocimiento.

- APLICAR: el alumno es capaz de utilizar ciertos conocimientos BIM en situaciones nuevas y concretas.

- ANALIZAR: el estudiante puede entender, aplicar y analizar este conocimiento con los procesos de diseño y construcción.

- EVALUAR: además de todas estas habilidades, el estudiante también puede desarrollar planes de acción y evaluar materiales para necesidades específicas.

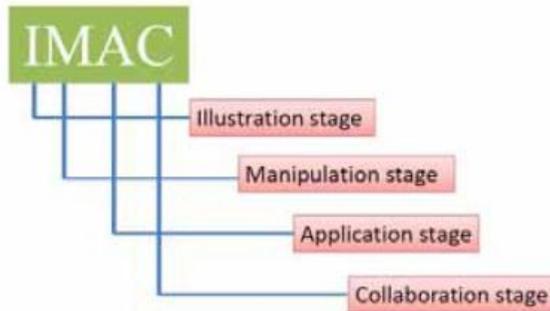
- SINTETIZAR: el estudiante puede desarrollar nuevos conocimientos BIM, aplicar y analizar los resultados.

En 2012 Macdonald crea el Marco conceptual IMAC⁶³ [179]. Este marco está formado por cuatro etapas que ayudan a la introducción de BIM en la educación. A continuación se describen brevemente [249].

- Etapa Ilustración. Conocimientos/comprensión y recepción/respuesta. Los modelos de información de edificios se utilizan para ilustrar los conceptos clave en la respectiva disciplina de los estudiantes
- Etapa Manipulación. Comprensión/Aplicación y Respuesta/Validación. los estudiantes trabajan y manipulan los modelos existentes
- Etapa Aplicación. Aplicación /Análisis y Validación. los estudiantes resuelven problemas relacionados con la disciplina, originadas por el conocimiento teórico básico que han adquirido hasta el momento
- Etapa Colaboración. Síntesis/Evaluación y Caracterización. los estudiantes de diferentes disciplinas trabajan en proyectos conjuntos

⁶³ IMAC, Illustarion, Manipulation, Application, Collaboration

Ilustración 8. Etapas del Marco conceptual IMAC. Fuente: [24]



Los tres estilos de aprendizaje de mayor retención en la pirámide del aprendizaje son: grupo de discusión, practicar haciendo y enseñar a los demás, estos han proporcionado los niveles más profundos de aprendizaje [179]. El aprendizaje colaborativo facilitado por BIM abarca estos tres estilos de aprendizaje que culmina una nueva experiencia de aprendizaje rica para el grupo de estudiantes [238]. Sin embargo, las metodologías de aprendizaje empleadas en la mayor parte de la docencia impartida, se corresponden con las que menos nivel de aprendizaje transmite al alumno: conferencia, lectura y audio-visual.

A continuación se muestra una tabla que relaciona la Taxonomía de Bloom, el modelo SAMR (se puede consultar su explicación en el apartado 2.5.2), el modelo IMAC y los niveles BIM establecidos por varios autores

Tabla 20. Taxonomía de Bloom, modelo SAMR, modelo IMAC y Nivel de conocimiento BIM

T. de Bloom 1956	T. Bloom revisada 2001	Modelo SAMR 2006	Modelo IMAC 2012	Niveles BIM (autores)
Evaluación	Crear	Redefinición	Colaboración	Avanzado
Síntesis	Evaluar			
Análisis	Analizar	Modificación	Aplicación	Intermedio
Aplicación	Aplicar			
Comprensión	Comprender	Ampliación	Manipulación	
Conocimiento	Recordar	Sustitución	Ilustración	Inicial o principiante

En Reino Unido se realizó un trabajo en 2013 [129], en el que se expone de manera resumida los niveles, contenido, metodología y resultados del aprendizaje BIM. A continuación se detalla en un cuadro resumen.

Tabla 21. Resumen niveles, contenidos y metodologías del aprendizaje BIM

Nivel / Año	Contenido	Entrega	Entorno de enseñanza y aprendizaje	Resultados del aprendizaje y conjunto de habilidades deseadas
Primer año/"Nivel Principiante"	Herramientas BIM Conceptos BIM Habilidades de modelado básico Software BIM	Hacer modificaciones y manipulaciones en un modelo de construcción preexistente. Selección de un componente de construcción y esperar que los estudiantes proporcionen información detallada durante todo el ciclo de vida de los edificios.	Clases teóricas y prácticas para la introducción de herramientas BIM y desarrollar una comprensión de los conceptos y BIM en el estudio para el desarrollo de habilidades de modelado individuales apoyados por talleres y seminarios	Capacidad para demostrar cómo comunicar diferentes tipos de información y un buen comprensión de los conceptos BIM. Demostrar habilidades básicas de modelado.
Segundo año o "Nivel intermedio"	Herramientas BIM avanzada, técnicas y Modelado 3D, visualización, de coordinación, de viabilidad de construcción y análisis ambiental	Hacer un modelo BIM de proyecto básico y común, para poner en práctica los conocimientos del año y luego el proyecto final para identificar un componente de construcción y también desarrollar y perfeccionar uno nuevo.	En el entorno de estudio con el apoyo de talleres y seminarios	Demostrar habilidades de coordinación y de trabajo en equipo con conocimientos avanzados de modelado en 3D
Tercer año o "Nivel avanzado"	Detallar 3D, programación, estimación de	Construir un modelo BIM y producir programación, cálculo de costes y	Visitar los sitios de construcción para la comprensión de la	Demostrar una comprensión de los contratos tipo BIM, la

	<p>costos, la simulación, el intercambio de archivos, Explorar los sistemas de construcción y características de las familias en una herramienta BIM</p>	<p>simulación para sus proyectos de diseño</p>	<p>secuencia y, cuando sea posible colaborar con otros cursos de AEC.</p>	<p>interoperabilidad, la creación de modelo de protocolo, compartiendo modelo BIM.</p>
--	--	--	---	--

El objetivo principal de la educación BIM debe estar en los procesos de gestión de la construcción, no en el software [71]. Sin embargo una de las principales dificultades indicadas por los alumnos tanto en la encuesta como en las preguntas abiertas, han sido referidas al aprendizaje y manejo del software, como se verá en el apartado correspondiente.

2.5.7. Integración de BIM en las distintas asignaturas

Taxonomía de Bloom ha sido citado como una herramienta útil para la adquisición de una conciencia del nivel de aprendizaje en la Educación BIM [121]. Se ha empleado para evaluar el rendimiento de los estudiantes en un curso de BIM. Y se concluye que BIM permite a los estudiantes a alcanzar el pico de la taxonomía de Bloom en términos de comportamiento intelectual (el nivel de evaluación) [198].

En su tesis doctoral Barison [122], hace una análisis sobre la enseñanza BIM a nivel internacional. En el que indica que se está impartiendo enseñanza BIM en 180 universidades. La principal forma de introducir BIM es incluyendo los conceptos en asignaturas existentes. Las asignaturas con mayor potencial para integrar BIM pueden ser: Representación gráfica digital, talleres de proyecto, gestión de la construcción y tecnología de la construcción.

BIM también exige muy buena comprensión de cómo se construyen los edificios. Así cuando los estudiantes utilizan herramientas BIM no sólo crean una vista tridimensional, también son capaces de ver y comprender los aspectos básicos de lo que sucede en la estructura [6]. Lo cual muestra el gran potencial de éxito de la integración BIM en las asignaturas existentes [71].

En EE.UU, el nivel académico en el que se imparte BIM es en enseñanzas de Grado, en el 87% de los casos [250]. Cabe indicar que está aumentando considerablemente el número de alumnos que eligen BIM para realizar su proyecto fin de carrera/grado [244].

Los enfoques de integración BIM más comunes son mediante la creación de una asignatura BIM (54%) o introduciendo BIM en asignaturas existentes (52%) [250].

En Reino Unido el método más común para enseñar herramientas BIM es en las asignaturas que enseñan CAD [129]. En este país hay una gran oferta de cursos de posgrado BIM [219].

Actualmente, la herramienta BIM Revit es la más utilizada en las escuelas Arquitectura y Construcción de Estados Unidos y Canadá [230] y parece ser que también ocurre lo mismo en las escuelas de arquitectura de Reino Unido [129].

Si bien la mayor parte de los autores creen que la enseñanza en BIM debe entrarse en fundamentos, conceptos, procesos, más que en las herramientas propiamente dichas [122]. Sin embargo, hay un consenso en que el uso de las herramientas puede ayudar a los estudiantes a entender algunos contenidos [251] y disciplinas [71]

El uso de herramientas BIM en la enseñanza acelera la producción de documentos gráficos que son solicitados a los estudiantes, dando la posibilidad de dedicar más tiempo a pensar de manera crítica las distintas soluciones propuestas [252].

La educación BIM debe centrarse en el desarrollo de los conocimientos básicos, habilidades y actitudes de los estudiantes [108].

Hay varios métodos de enseñanza que se puede utilizar para la educación BIM:

- inmerso en los cursos existentes
- como cursos independientes o
- integrados en los proyectos de los estudiantes

Las principales áreas donde BIM tendrá un impacto directo en el plan de estudios [229] serán:

- Modelado y representación
- Trabajo colaborativo

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA Y PLANTEAMIENTO PROPUESTO

La metodología de recogida y recopilación de información se debe establecer en las primeras fases de la investigación. En este capítulo se especifican e identifican las técnicas e instrumentos apropiados para el desarrollo de la metodología usada. Con el fin de satisfacer las preguntas de investigación planteadas en el apartado 1.3. del Capítulo 1 y obtener los resultados perseguidos en la tesis, la metodología ha quedado dividida en varias etapas, que se describen a continuación. Esto ha sido necesario, pues la obtención de los datos de cada fase ha sido el punto de partida de la siguiente

En primer lugar, se hace referencia al planteamiento metodológico y el diseño empleado. En segundo lugar, se indican las fuentes de los datos, el contexto en el que se desarrolla y los participantes de la investigación. En tercer lugar, se determinan las variables y su codificación. Por último, se explicará el procedimiento para recabar la información. Y a continuación el análisis y tratamiento estadístico de los datos recibidos.

3.1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

En el caso que nos ocupa, se va a llevar a cabo un enfoque mixto, tanto cuantitativo como cualitativo. Los métodos cuantitativos aportan datos precisos y objetivos sobre el tema de estudio. Será principalmente descriptivo, basado en el método de la encuesta y la aplicación de test estadísticos. Con el fin de establecer relaciones entre algunas de las variables, se llevará a cabo un estudio de correlaciones. Por su parte los métodos cualitativos, ayudarán a interpretar y comprender las características reales del caso.

Con la intención de obtener más y mejor información sobre cómo las nuevas tecnologías y en concreto la tecnología BIM, influyen en la adquisición de competencias por parte de los discentes, es necesario recabar datos más precisos de una experiencia real, como la que aquí se plantea.

Mediante la recopilación de esta información, se realiza un estudio de caso con la vista puesta en los objetivos planteados en el Capítulo 1.

En la siguiente ilustración aparece un modelo de diseño de la investigación que se adapta al que aquí se ha planteado.

Ilustración 9. Proceso de investigación. Fuente: [253]



Las fases de la investigación que se han llevado a cabo se describen a continuación:

- Etapa de estudio y preparación del proyecto.

En la que se formuló el problema a grandes rasgos. Por la vinculación de la autora con el sector de la construcción y haber vivido las dificultades en la transmisión de la información entre los distintos profesionales que intervienen en la ejecución de cualquier proyecto de construcción. Y por otro lado, por el desfase tecnológico que presentan los recién egresado del sector.

- Análisis de contenido. Técnica cualitativa

La selección bibliográfica se ha realizado, siguiendo a [254] y [255] por búsqueda de palabras clave en revistas de impacto (*Journal Citation Reports*), repositorios científicos, bases de datos de universidades y páginas web. Las áreas de interés han sido Arquitectura e Ingeniería, Sector de la construcción, ámbito universitario y Sistemas de Información, dado el carácter interdisciplinar del tema.

A partir de la bibliografía y estudios empíricos consultados, además de los correspondientes libros blancos (ANECA) de las titulaciones vinculadas al sector concerniente, como son el Grado en Ingeniería industrial [256], Grado Ingeniería de la Edificación [257], Grado en Arquitectura y Grado en Ingeniería Civil [258] .

Es mucha la literatura que hace referencia a los beneficios, dificultades, nivel de implantación de la tecnología BIM en el sector de la construcción internacionalmente. Gracias al análisis bibliográfico realizado, se han mostrado en este trabajo algunos de los datos obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en diferentes países. La realización de proyectos empleando herramientas BIM es ya práctica habitual, y requerimiento obligatorio por parte de algunos gobiernos. Sin embargo, en España la implantación se encuentra todavía en fase incipiente, no obstante como ya se ha visto en el apartado 2.2.4. se van dando pasos en la dirección marcada por la tendencia internacional de modernizar el sector. Por tanto, se decide reproducir en España las metodologías usadas por otros autores en otros países del mundo, y básicamente recurren siempre a encuestas.

- Detallado estudio de casos. En el que se analizaron una serie de casos en los que se había puesto en práctica la tecnología BIM en el aula.

Se han recopilado datos secundarios de 57 casos o proyectos pilotos docentes en los que se han usado BIM. Las competencias potenciadas por el uso de BIM más frecuentes son el trabajo en equipo/colaborativo y el trabajo interdisciplinar, favorecido principalmente por la mejora de la capacidad de visualización que ofrece BIM a los estudiantes

- Planteamiento de la introducción en la asignatura del proyecto.

La elección de la titulación y la asignatura cumplen con el criterio básico de accesibilidad, esto es, que pudiéramos incluirlo con facilidad, por contar con la buena disposición y consentimiento del profesor de la asignatura. Así mi figura como doctoranda de dicho profesor me ha permitido el acceso a estos datos.

- Encuesta y formación.

Elaboración del cuestionario, el principal objetivo de las preguntas era explorar la experiencia docente de la introducción de la tecnología BIM para su desarrollo. Y cómo ha afectado al alumno respecto a la adquisición de competencias.

- Recogida y análisis de información

La principal característica que presenta la investigación descriptiva como la que aquí se realiza mediante encuesta, es que se describen los fenómenos a partir de las sensaciones y opiniones de los participantes.

Contexto de la investigación

Otro enfoque adecuado para los estudiantes en cursos avanzados de BIM es el aprendizaje basado en roles. En este enfoque, el profesor determina el problema a ser estudiado en las

tareas y los estudiantes juegan diferentes roles. Los estudiantes comparten el trabajo entre los miembros del grupo, teniendo en cuenta sus conocimientos especializados y debilidades [212]

La inquietud y las ganas de actualizar la asignatura por parte de los docentes que la imparten, son el germen de esta experiencia piloto. Durante el curso 2014/15, se lleva a cabo una actualización de la asignatura de Proyectos, muy en línea con lo que está ocurriendo en las universidades de países situados a la cabeza en el uso de BIM. LA asignatura obligatoria perteneciente al cuarto curso del Grado en Ingeniería Industrial en las tres especialidades. Se cursa en el primer semestre y tiene una carga lectiva de 6 créditos. El propósito de esta asignatura es aplicar los conocimientos teóricos adquiridos, durante toda la formación previa, a la realización práctica de proyectos de ingeniería. Según reza en la ficha de la asignatura, incluida en el ANEXO B:

“El alumno conocerá la Teoría General del Proyecto y aprenderá la influencia de cada una de sus fases en la ejecución del mismo. Comprenderá y aprenderá a utilizar la Dirección de Proyectos como base para solucionar los problemas que se presentan en la planificación y control de proyectos. Aprenderá las características y competencias que debe poner en práctica cualquier director de proyecto, y obtendrá las habilidades necesarias para programación y administración de proyectos durante su ejecución”

Previa a esta iniciativa, se han realizado una serie de fases preparatorias por parte de los docentes:

- Consulta de bibliografía específica y líneas de investigación actuales en referencia a la implantación de BIM en los estudios universitarios
- Realización de cursos de especialización de software BIM. Revit
- Asistencia a jornadas técnicas, seminarios y congresos BIM
- Socio Colaborador de la BuildingSmart Spanish Chapter
- Relación y cooperación con otros profesionales, entidades y grupos de trabajo BIM
- Impartición de cursos de postgrado de herramientas BIM

- Colaboración y elaboración parcial de proyectos BIM
- Dirigir trabajos fin de Grado relacionados con BIM
- Realización de trabajos de investigación

Se plantea a los alumnos que están cursando la asignatura de proyecto, la realización de un proyecto industrial completo en el que deben emplear la tecnología BIM, no sólo como herramienta de diseño 3D, sino como metodología de trabajo. Se facilita así la integración de las tres disciplinas que intervienen y los distintos roles asignados a cada componente del grupo de trabajo. Con el fin de intentar reproducir la realidad profesional con la que se encontrarán los alumnos, desde una perspectiva activa, no como un simple observador.

Los primeros resultados que se pretenden obtener con los modelos BIM generados por los alumnos, es un análisis de las dificultades que han encontrado los alumnos debido al uso de BIM como herramienta de diseño y documentación del proyecto. Se podrán establecer una serie de ventajas y desventajas de BIM como herramienta docente en el desarrollo de un proyecto a nivel académico.

El proceso de la investigación se desarrolla en dos fases durante dos cursos consecutivos de la asignatura de proyectos.

Fase de control: esta primera fase consiste en establecer un punto de partida. Los alumnos rellenan un cuestionario inicial, es importante controlar el nivel de conocimientos de partida sobre BIM del grupo en cuestión. Con el propósito de igualar el nivel de conocimientos BIM que pudieran poseer los alumnos, en el inicio de la asignatura se les instruyó en las cuestiones teóricas de BIM básicas. Después se les proporcionaron algunas indicaciones prácticas sobre el manejo de la herramienta BIM elegida para el desarrollo de la asignatura, en este caso Revit. La elección del software fue principalmente por la facilidad de acceso a licencias gratuitas para estudiantes. Siendo así, los alumnos podían instalar el programa en sus ordenadores personales. Debido a la falta de tiempo, pues la duración de la asignatura es de un semestre, el aprendizaje de Revit principalmente ha sido autodidacta. Esta fase consta de una parte teórica, en la que se explican conceptos BIM y una parte práctica en la que se dan las principales nociones sobre el software a emplear.

Durante el desarrollo de la asignatura los alumnos deben realizar un proyecto con una serie de condicionantes que deben cumplir además de la normativa de aplicación. Poniendo en práctica los conocimientos adquiridos de BIM.

Los proyectos se realizarán en grupos, los integrantes pertenecerán a cada una de las especialidades que cursan esta asignatura. Así se formaron grupos formados por 4 alumnos. Cada alumno asume un "rol" (papel) con la intención de potenciar el trabajo colaborativo e integración de las distintas disciplinas, facilitado por BIM.

Como parte final de la prueba piloto, los alumnos contestaron otro cuestionario sobre la experiencia de la asignatura.

DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO

Los principales cambios que se introdujeron fueron:

- Metodología de enseñanza basada en proyectos
- Grupos de trabajo compuestos por 3/4 alumnos por grupo
- Trabajo interdisciplinario, los componentes de cada grupo debían pertenecer a distintas especialidades.
- Trabajo mediante roles
- Software empleado: BIM, CAD y Cype.

La evaluación de los estudiantes, se basa en varias cuestiones:

- entregas parciales, en las que se muestra el progreso del desarrollo del proyecto
- nivel de desarrollo del modelo exigido
- examen teórico
- exposición y defensa del proyecto
- valoración de competencias adquiridas

En el siguiente capítulo de Resultados, aparecerán reflejadas las ventajas y desventajas consideradas por los alumnos. Se expondrán también las dificultades que han ido encontrando durante el proceso de formación, esta visión será por un lado de los alumnos y por el otro de los profesores que la imparten

3.2. FUENTES DE DATOS

Las fuentes de datos están formadas por todos los recursos y documentos que contienen información de alguna materia en concreto.

Los datos que se van a emplear en la investigación, son de tanto de tipo cuantitativo como cualitativo y se obtuvieron de la forma siguiente.

3.2.1. Datos secundarios

Para realizar el Análisis de contenido, se efectuó la recopilación de datos mediante revisión bibliográfica.

Las fuentes de recolección de datos secundarios son publicaciones, sitios web, libros, artículos de revistas, etc. Este tipo de datos tienen la ventaja de que están fácilmente accesibles, lo cual ahorra tiempo y coste al investigador. Para ello se ha realizado una extensa revisión de la literatura focalizado principalmente en las siguientes cuestiones:

- Uso de las TIC en el sector y en la universidad
- Beneficios, dificultades y necesidad del uso de BIM en la industria de la construcción
- Uso de BIM en la docencia universitaria

- Competencias exigidas por la industria y las adquiridas por los estudiantes durante su formación

3.2.2. Datos primarios

Los datos primarios son los que el investigador crea de manera expresa para un estudio en concreto, por ejemplo los datos obtenidos de las encuestas o las entrevistas. Estos datos se emplean para realizar análisis estadísticos mediante las herramientas oportunas. Y poder obtener unos resultados que posteriormente den lugar a unas conclusiones que cumplan los objetivos para los que habían sido planteados.

En nuestro caso concreto se ha empleado como técnica de recolección de datos primarios la encuesta, que se describirá en el apartado correspondiente.

Las metodologías como las encuestas y las entrevistas estructuradas se pueden utilizar para capturar y cuantificar expectativas de la industria de la industria sobre los atributos necesarios (es decir, los conocimientos, habilidades y experiencia) para entrada de los empleados a nivel de ingeniería. Tales instrumentos pueden proporcionar datos clave útiles en la determinación de los objetivos y el diseño de planes de estudio para alcanzar esos objetivos [259].

Los datos que se muestran en el apartado correspondiente de Resultados, se obtienen mediante la respuesta de los alumnos de dos cuestionarios. La primera encuesta la realizan antes de la formación teórica y práctica de BIM. La segunda encuesta la responde al finalizar el semestre, tras la formación y puesta en práctica de los conocimientos adquiridos en el proyecto que deben realizar.

3.3. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS

3.3.1. Revisión bibliográfica

A medida que la investigación ha ido progresando a lo largo del tiempo, se han ido empleando metodologías diferenciadas. Esto ha posibilitado la complementariedad de métodos e instrumentos, mostrando así la posibilidad de información desde diferentes puntos de vista. Así en este trabajo, se considera:

- Primera fase. Revisión de la literatura, relacionados con el tema que aquí se trata.

Esta es la primera fase sobre la que se fundamenta la investigación desarrollada en este trabajo. Para llevarla a cabo, la principal tarea ha sido el análisis de la bibliografía, tomando en consideración distintos enfoques y autores, que aportara una amplia perspectiva del tema.

Se ha examinado una vasta y variada cantidad de literatura versada en la materia. De ella se ha extraído la información más relevante para poder conformar los ítems que compondrán los cuestionarios, para valorar el efecto del uso de BIM en los alumnos. Así, las variables a estudiar se relacionan, principalmente con la adquisición de competencias mediante el uso de BIM en el aula, forma en que se aplica, ventajas de su aplicación.

Dando como resultado los ítems que determinan el tipo de información de aplicación a este caso, se han seleccionado los aspectos con mayor importancia, para la formación del cuestionario final. En este caso se lleva a cabo el mismo proceso de cuestionario tanto antes de la formación del alumnado como después de haber sido instruidos en la materia. Para saber el efecto causado en los alumnos

Gier en 2007, concluyó en su estudio que BIM parece ser una herramienta educativa eficaz para la enseñanza de la construcción, ya que actualiza un principio educativo fundamental, la instrucción centrada en el alumno [59].

En base a los beneficios que BIM aporta al aprendizaje de los estudiantes, se recogen datos de experiencias reales, en las que se ha empleado BIM. Según [114], cuatro estrategias de implementación han sido identificadas y utilizadas para incorporar los temas BIM en los planes de estudio:

- Cursos independientes
- Módulos de enseñanza interactivos integrados en cursos diferentes de nivel superior

- Módulos de enseñanza interdisciplinaria
- Proyecto final BIM

Las fuentes de los datos son estudios de caso publicados en revistas científicas, presentados en conferencias relativas al tema o bien mediante una búsqueda en Internet, con las palabras clave: BIM universidad, BIM plan de estudios, BIM enseñanza.

De los 100 estudios seleccionados, se encuentran referencias a las competencias básicas, en 57 de ellos. Estos son los que formarán parte del posterior estudio, para identificar de forma explícita el beneficio que BIM puede ofrecer en la docencia de la industria de la construcción y en concreto, en referencia a las competencias básicas. Si bien también se han encontrado algunas indicaciones de dificultades, principalmente y tan solo en 5 estudios, es la curva de aprendizaje.

Todo esto se ha visto ahora rebasado por la demanda de una amplia gama de competencias, aptitudes y capacidades entre las que descuellan el manejo de los ordenadores y las nuevas tecnologías, el trabajo en equipo, el conocimiento de idiomas extranjeros así como el aprendizaje autónomo y continuo a lo largo de toda la vida. Todas ellas se denominan “destrezas genéricas” [174].

Para analizar si favorece la adquisición de competencias genéricas de los alumnos, se realiza primero una selección de las competencias a tener en consideración. Para ello se ha seguido un método similar al llevado a cabo por García et al. en su trabajo “Desarrollo de recursos docentes para la evaluación de competencias genéricas” [260]. Consiste en comparar los libros blancos, planes de estudios Proyecto Tuning Educational Structures in Europe, el Real Decreto de cada una de las titulaciones seleccionadas y el trabajo realizado por González en 2008 [261]. Obteniendo como resultado 17 competencias genéricas que aparecen detalladas en la tabla 22, se ha incluido una designación para facilitar el tratamiento de los datos. Las titulaciones tenidas en cuenta para el estudio han sido: Arquitectura, Ingeniería Industrial, Ingeniería de la Edificación, Ingeniería Civil, abarcando así las principales titulaciones que componen las actividades del sector AEC. Además estas competencias se han cotejado con las que aparecen en los estudios sobre competencias requeridas a los egresados del sector de la construcción [262] [259] [263] [260], coincidiendo en gran parte. Esto reafirma la adecuación de los criterios empleados para la selección de las mismas.

Así para saber si tecnología BIM se puede emplear como herramienta docente en las enseñanzas técnicas vinculadas al sector AEC, se lleva a cabo un análisis de la influencia que tiene el aprendizaje y uso de BIM sobre la adquisición de competencias genéricas.

Tabla 22. Competencias genéricas comunes

INSTRUMENTALES
G01.- Capacidad de análisis y síntesis (=extraer información)
G02.- Capacidad de organización y planificación
G03.- Comunicación oral y escrita en la lengua nativa
G05.- Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio
G06.- Capacidad de gestión de la información
G07.- Resolución de problemas (=Operatividad)
G08.- Toma de decisiones (=Ejecutividad)
PERSONALES
G09.- Trabajo en equipo
G10.- Trabajo en un equipo de carácter interdisciplinar
G12.- Habilidades en las relaciones interpersonales
G14.- Razonamiento crítico
G15.- Compromiso ético
SISTÉMICAS
G16.- Aprendizaje autónomo
G17.- Adaptación a nuevas situaciones
G18.- Creatividad
G19.- Liderazgo
G22.- Motivación por la calidad

Los datos de los estudios seleccionados a parecen en la tabla 23, con el nombre del estudio, año en que se realizó, universidad, titulación, forma en que se introduce BIM, país. Para la adecuada organización de la información se han ordenado por año de manera ascendente. Casos en los que se ha implantado BIM.

Tabla 23. Información de los casos seleccionados

DESIGNACIÓN	AÑO	UNIVERSIDAD	TITULACIÓN	FORMA	PAÍS
E001	2005	School of the Built Environment Northumbria University		una asignatura	Reino Unido
E002	2006	Worcester Polytechnic Institute		una asignatura	Estados Unidos
E003	2006	Western Illinois University		cursos independientes	Estados Unidos
E004	2007	Texas State University		proyecto	Estados Unidos
E005	2007	Texas State University		proyecto interdisciplinario	Estados Unidos
E006	2008	Worcester Polytechnic Institute		asignatura	Estados Unidos
E007	2008	California State University	Gestión de la construcción	integrado en una asignatura	Estados Unidos
E008	2008	Universidad de Wisconsin	Ingeniería Civil y Ambiental	asignatura	Estados Unidos
E009	2008	Bowling Green State University		varias formas	Estados Unidos
E010	2008	Purdue University		cursos independientes	Estados Unidos
E011	2008	Auburn University		integrado en una asignatura	Estados Unidos
E012	2009	Southern Illinois University		cursos independientes	Estados Unidos
E013	2009	Technion Faculty of Civil and Environmental Engineering	Ingeniería Civil	curso independiente	Israel
E014	2009	Georgia Institute of Technology	Arquitectura	curso interdisciplinario	Estados Unidos
E015	2010	Auburn University	Programa de construcción	tesis o proyecto final	Estados Unidos
E016	2010	Universidad estatal de Londrina		analiza varios	Brasil
E017	2010	Colorado State University	gestión de la construcción	curso independiente e integración en	Estados Unidos

				otras asignaturas	
E018	2010	California Polytechnic State University	gestión de construcción e ingeniería	curso independiente	Estados Unidos
E019	2010	Southern Polytechnic State University			Estados Unidos
E020	2010	Universidad Estatal de Pennsylvania		curso interdisciplinario	Estados Unidos
E021	2010	East Carolina University		curso integrado en otro existente	Estados Unidos
E022	2011	Southern Polytechnic State University		cursos independientes	Estados Unidos
E023	2011	University of Southern California			Estados Unidos
E024	2011	Unitec Institute of Technology		curso independiente	Nueva Zelanda
E025	2011	The University of British Columbia	Ingeniería Civil y de la construcción	curso interdisciplinario	Canadá
E026	2011	California State University	construction management	curso interdisciplinario	Estados Unidos
E027	2011	Colorado State University	construction management	curso independiente	Estados Unidos
E028	2011	University of Technology Sydney	ingeniería civil		Australia
E029	2011	Stanford University	ingeniería y gestión de la construcción	cursos independientes	Estados Unidos
E030	2011	Colorado State University	ingeniería civil	cursos interdisciplinarios	Estados Unidos
E031	2011	The Hong Kong Polytechnic University	Arquitectura y Gestión de la construcción	integrado en una asignatura	Hong Kong
E032	2012				
E033	2012	U.S. Military Academy	Ingeniería civil		Estados Unidos
E034	2012	Southern California University	ingeniería y gestión de la construcción	curso independiente	Estados Unidos

E035	2012				
E036	2012		ingeniería y gestión de la construcción		Estados Unidos
E037	2012	Texas Tech University			Estados Unidos
E038	2012	University of Nebraska–Lincoln	ingeniería y construcción	curso independiente	Estados Unidos
E039	2013	Eastern Mediterranean University	ingeniería civil	curso independiente	Chipre
E040	2013	School of Business and Engineering Halmstad University	varias titulaciones	varias formas	Suecia
E041	2013	Universidad Europea de Madrid	Arquitectura e Ingeniería de la edificación	integrado en una asignatura	España
E042	2013	Eastern Mediterranean University	Arquitectura	cursos interdisciplinarios	Turquía
E043	2013	University of Technology Sydney	Gestión de proyectos de construcción		Australia
E044	2013	Arizona State University	Gestión de la construcción	cursos independientes	Estados Unidos
E045	2013	Mississippi State University	Arquitectura	curso independiente	Estados Unidos
E046	2013	East Carolina University	ingeniería y gestión de la construcción		Estados Unidos
E047	2013	Dublin Institute of Technology	arquitectura	proyecto	Irlanda
E048	2013	Coventry University	ingeniería civil	integrado en una asignatura	Reino Unido
E049	2013	Brigham Young University	ingeniería y gestión de la construcción	curso independiente e integrado en otras asignaturas	Estados Unidos
E050	2013	Mississippi State University	ciencias de la construcción del edificio	proyecto	Estados Unidos

E051	2013	Griffith University			Australia
E052	2013	Technion-Israel Institute of Technology	ingeniería civil	curso independientes, integrado en asignaturas y proyectos	Israel
E053	2013	Faculty of Civil and Environmental Engineering, Technion—Israel Institute of Technology			Israel
E054	2013	Worcester Polytechnic Institute	Ingeniería Civil y Ambiental	cursos independientes	Estados Unidos
E055	2013	School of Construction Management and Real Estate Chongqing University		cursos independientes	Estados Unidos
E056	2014	University of Texas	ingeniería y gestión de la construcción	curso independiente	Estados Unidos
E057	2015	California State University	Gestión de la construcción	curso independiente	Estados Unidos

Se puede observar en esta última tabla que los casos seleccionados pertenecen a universidades de EE.UU., esto es evidente debido a la mayor penetración de BIM en la industria de la construcción y como consecuencia los planes de estudio de las enseñanzas universitarias están incluyendo BIM desde hace más tiempo, para contar con profesionales ya formados en este campo.

Casos en los que ya se han implantado

Los 57 casos que se ha seleccionado para realizar esta investigación corresponden al período 2005-2015, como se muestra en la tabla 23.

Todos los casos seleccionados han sido analizados para identificar las reseñas sobre cualquiera de las competencias básicas seleccionadas en la tabla 22, tanto con mención positiva como negativa. Las consideraciones positivas y negativas de las competencias se han separado en columnas distintas, como se muestra en la tabla 24. Así es más fácil ver cuál ha sido la competencia que aparece más veces con valor positivo en la enseñanza y las que se adquieren con mayor dificultad y en qué medida. Se han añadido dos columnas, una de puntuación y otra de porcentaje. La primera contabiliza todos los valores positivos menos los negativos, esto nos hace tener una rápida idea del potencial de BIM, como herramienta docente. Y la segunda muestra el porcentaje de competencias encontradas sobre el total de estudio. En esta tabla los estudios aparecen ordenados según la puntuación obtenida. Así damos respuesta a la primera pregunta de la investigación: ¿Potencia BIM la adquisición de competencias básica de los estudiantes?

Tabla 24. Menciones positivas y negativas para cada competencia básica

ESTUDIOS	COMPETENCIAS																								PUNTUACIÓN	PORCENTAJE										
	1		2		3		5		6		7		8		9		10		12		14		15				16		17		18		19		22	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-			+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
E004	1		1						1		1		1		1		1																		9	52,94
E014			1		1		1		1		1		1		1																			9	52,94	
E034	1		1				1		1		1		1		1										1									9	52,94	
E036	1		1		1		1		1		1		1		1						1													9	52,94	
E010	1				1						1		1		1										1		1					1	8	47,06		
E048	1		1		1						1		1		1						1													8	47,06	
E056					1		1				1		1		1						1													8	47,06	
E008			1		1						1		1												1							1	7	41,18		
E045	1				1		1		1		1		1		1																			7	41,18	
E054					1						1		1								1		1		1		1							7	41,18	
E002			1		1		1				1		1																		1	6	35,29			
E006			1		1		1				1																				1	6	35,29			
E009					1		1				1		1		1										1								6	35,29		
E012					1		1		1		1		1																				6	35,29		
E016	1		1				1		1		1																							6	35,29	
E017					1		1				1		1								1													6	35,29	
E031					1		1				1		1		1																1	6	35,29			

E044		1	1	1	1	1	1					6	35,29	
E001	1			1		1				1	1	1	5	29,41
E003				1	1	1	1						5	29,41
E005			1			1	1	1					5	29,41
E015				1		1				1	1		5	29,41
E029	1				1	1						1	5	29,41
E032					1		1	1			1		5	29,41
E041														
E041				1	1	1	1	1	1		1		5	29,41
E046	1		1			1		1	1				5	29,41
E050			1			1				1		1	5	29,41
E053	1		1		1	1		1					5	29,41
E007	1	1			1			1	1			1	4	23,53
E018		1				1		1				1	4	23,53
E025				1		1		1	1				4	23,53
E027			1	1	1							1	4	23,53
E035		1			1	1						1	4	23,53
E042					1	1		1	1				4	23,53
E043	1			1	1			1					4	23,53
E047			1			1		1		1			4	23,53

E055				1		1	1	1				4	23,53	
E057	1	1				1		1				4	23,53	
										-				
E011				1			1	1		1		1	3	17,65
E013	1		1	1									3	17,65
										-				
E020	1	1			1		1	1					3	17,65
E023					1		1	1					3	17,65
E026					1	1					1		3	17,65
E030							1	1	1				3	17,65
E033			1				1	1					3	17,65
E037		1			1							1	3	17,65
E049	1		1				1						3	17,65
E052					1	1						1	3	17,65
E021					1						1		2	11,76
E024							1		1				2	11,76
E028							1	1					2	11,76
E038	1										1		2	11,76
E051				1								1	2	11,76
E019					1								1	5,88
E022						1							1	5,88
E039				1									1	5,88

E040	1																				1	5,88																																	
Totales	1	-	1	2	2	2	-	3	1	3	-	3	1	1	-	-	1	1	0	2	0	8	1	5	0	3	0	3	0	1	1	2	0	1	0	9	1	1	0	1	0	8	0	1	0	0	1	7	0	5	1	1	0	2	0

	PUNTUACIÓN	PORCENTAJE
MEDIA	4,61	27,14
DESV. TÍPICA	2,16	

Con los resultados aquí obtenidos, se concluye que la media de competencias que se han visto favorecidas por el uso de BIM han sido 4,61 con una desviación típica de 2,16. Esto supone que en casi la mitad de los estudios (49,12%) han tenido una influencia positiva en el 27,14% de las competencias básicas estudiadas. Por tanto, se puede considerar que BIM sí impulsa la adquisición de competencias básicas de los estudiantes.

Pocos instructores disponibles en las aulas tradicionales están familiarizados con esta herramienta (BIM) [264]

Por otro lado, también se han observado en los casos estudiados que la principal dificultad durante la enseñanza de BIM es la curva de aprendizaje del software, aparece señalada en 5 de los casos estudiados, también es la más indicada en la literatura de referencia [191], sin embargo podría suavizarse exponiendo a los estudiantes a un aprendizaje temprano [206]

Para facilitar la interpretación de los resultados, se ha elaborado la tabla 25, en la que se ordenan las competencias fomentadas por BIM, de mayor a menor consideración, esto es de mayor a menor frecuencia de mención en los estudios. En ella se puede observar que las 3 principales competencias que potencia BIM son: el trabajo en equipo (herramienta colaborativa), la capacidad de resolución de problemas (prototipo virtual de la construcción), y la capacidad de trabajo en un equipo de carácter interdisciplinar (capacidad integradora de la herramienta y la metodología, puesto que se integran todas las disciplinas del proyecto). Estas tres competencias genéricas aparecen en más del 50% de los casos estudiados.

Por otro lado, las competencias en las que menos ha influido la enseñanza de BIM, o en las que el uso de BIM no interfiere tanto han sido la capacidad de liderazgo, el compromiso ético y la creatividad.

Por último también se indican aquí las competencias en las que ha influido negativamente el uso de BIM en la docencia. Cualquiera de ellas ha aparecido de forma muy discreta, encontrándose en tan solo en el 1,75% de los estudios considerados en la investigación. Las competencias con valoración negativa

han sido: Trabajo en equipo, capacidad de gestión de la información, capacidad de análisis y síntesis, aprendizaje autónomo y creatividad.

Tabla 25. Ordenación competencias potenciadas por BIM

Codificación	Nº caso positivos	%	Nº casos negativos	Porcentaje (%)
G09	39	68,42	1	1,75
G07	32	56,14	0	0,00
G10	31	54,39	0	0,00
G03	24	42,11	0	0,00
G05	23	40,35	0	0,00
G06	21	36,84	1	1,75
G01	18	31,58	1	1,75
G02	15	26,32	0	0,00
G22	12	21,05	0	0,00
G08	11	19,30	0	0,00
G12	11	19,30	0	0,00
G16	10	17,54	1	1,75
G14	8	14,04	0	0,00
G17	7	12,28	0	0,00
G18	5	8,77	1	1,75
G15	1	1,75	0	0,00
G19	1	1,75	0	0,00

3.3.2. Tipos de variable y codificación

Variable es cualquier característica o rasgo de la población que puede ser medida [265]. Según su medición, existen dos tipos de variables:

- **Cualitativas o categóricas:** son las variables que pueden tomar como valor una cualidad o categoría

- **Cuantitativas o numéricas:** son aquellas que toman valores numéricos.

La elección de la preguntas que van a conformar el cuestionario se han elegido con el fin de obtener la información relevante al tema que nos concierne. Los bloques en los que se ha hecho principalmente hincapié, han sido los relativos a:

- El uso de BIM en la universidad
- La adquisición de competencias genéricas mediante BIM
- Las dificultades planteadas en la experiencia

3.3.3. La encuesta

Después del análisis de la bibliografía referente al tema a nivel mundial, el cuestionario es el método de recogida de datos que mejor se adapta al propósito de esta investigación. Puesto que posibilita la respuesta de problemas tanto en términos descriptivos como de relación de variables, después de recabar información de manera sistemática.

El cuestionario está formado por un conjunto de preguntas, que pueden ser de distintos tipos, como por ejemplo: de respuesta abierta, de respuesta cerrada, de respuesta múltiple, etc. Está estructurado sistemáticamente con la finalidad de obtener información valiosa de una muestra de la población de estudio. Se puede aplicar de varias maneras, aunque en los últimos años el método más extendido es a través de Internet, con cuestionarios on line. Estos cuestionarios se distribuyen de manera rápida y eficaz, a través de enlaces a correos electrónicos, blogs, páginas web o redes sociales. Así la tarea de distribución queda resuelta y el alcance puede ser mayor. El cuestionario es una herramienta muy valiosa para la recogida de datos de un

modo ordenado y sistemático en lo referente a las variables de estudio y relativa a una población considerada. Hay dos aspectos básicos para el adecuado funcionamiento de esta herramienta. Por un lado, que las preguntas se formulen con claridad y fácil interpretación por parte del sujeto que contesta y por el otro, intentar aumentar la probabilidad de participación de la población potencial.

El cuestionario está conformado por dos tipos de preguntas:

1- Preguntas abiertas, con ellas se pretende obtener información cualitativa de la experiencia aquí planteada. En las que el alumno tuviese la posibilidad de describir o explicar de manera más explícita los aspectos que ellos consideraran más destacables.

2- Preguntas cerradas, se plantean una serie de cuestiones de elección múltiple con escala tipo Likert de 4 posibilidades. Esto se ha estimado adecuado para eliminar la posibilidad de la duda o neutralidad, con la intención de forzar al alumno a tomar posición en uno u otro extremo.

El cuestionario se ha elaborado siguiendo las distintas fases que se presentan a continuación:

1. Revisión de la literatura, de otros cuestionarios e investigaciones sobre el tema.
2. Redacción de las variables que forman el cuestionario
3. Validación de expertos
4. Realización de una prueba piloto
5. Fiabilidad
6. Redacción final de ítems

Así los cuestionarios quedan conformados como se explica en el apartado Diseño de cuestionario.

Recogida de información mediante cuestionario

El instrumento idóneo para la recogida de información según la investigación planteada se determinó, como en otros casos consultados de la bibliografía especializada, que fuera el cuestionario. Con la realización de éste se pretende obtener la mayor parte de la información que dé respuesta a las hipótesis planteadas en este trabajo.

Para la realización del cuestionario se han revisado otras investigaciones, relacionadas con las TIC y BIM en el ámbito universitario, en las que también se hubieran empleado como instrumento de recogida de información.

En el proceso de redacción de la encuesta se ha prestado especial atención a aspectos tales como el contenido de las preguntas, la redacción de las mismas y la secuencia en que están organizadas. Además se tuvo en cuenta la extensión del mismo, con el fin de conseguir que la mayor parte de los participantes lo finalizaran.

Diseño cuestionario provisional

La similitud de los cuestionarios es muy grande, pues lo que se pretende es comparar la percepción de los alumnos en la adquisición de competencias mediante el uso de BIM.

La realización del cuestionario ad hoc, comenzó por el planteamiento de un cuestionario inicial que sirvió de borrador para realizar las modificaciones necesarias antes de elaborar el cuestionario definitivo.

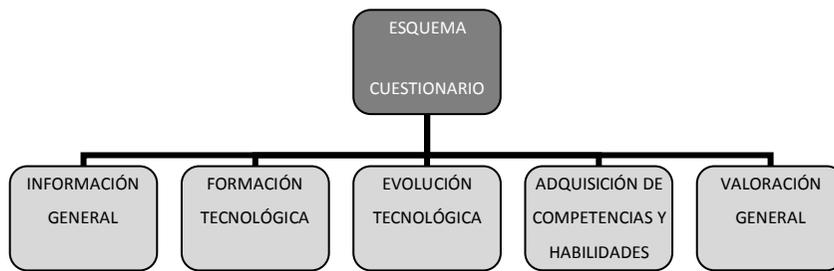
Para la redacción de los ítems que conforman el cuestionario se siguió el proceso descrito por [266]: análisis de literatura, revisión de páginas web especializadas y revisión de las áreas de interés identificadas en otras investigaciones.

El borrador inicial constaba de 23 ítems, la selección de las preguntas fue establecida con el fin de obtener la información que respondiera a las preguntas de investigación en este trabajo planteadas. Dicho borrador fue analizado junto con el profesor Antonio Manuel Reyes y teniendo en cuenta sus aportaciones se redactó el *Borrador cuestionario inicial antes de la formación BIM*, en el que se añadieron una serie de cuestiones y otras se modificaron, tras la validación de expertos que se verá a continuación, se elaboró el *cuestionario definitivo antes de la formación BIM* que se puede consultar en el ANEXO C, quedando conformado por 27 ítems. En el mismo anexo se puede consultar el *cuestionario definitivo después de la formación BIM* quedando formado por un total de 31 ítems, su elaboración se llevó a cabo de la misma forma que el anterior. Las preguntas se han elaborado de manera sencilla, clara y concisa, con el fin de facilitar la lectura de las mismas y evitar el abandono por parte de los participantes. La organización resultante fue la siguiente:

- Primera categoría: Información socio-demográfica. Aquí se recogerán los datos de identificación relativos al sexo, edad y la titulación / especialidad que están cursando. Preguntas relativas a datos personales de los participantes, que nos ayudan a distinguir los perfiles de los estudiantes, esto nos permitirá comparar entre distintas categorías
- Segunda categoría: Formación tecnológica. Datos referidos los software que han ido empleando en su formación y de aplicación al desarrollo profesional.
- Tercera categoría: Evolución tecnológica. Datos referidos al uso de las TIC en la universidad

- Cuarta categoría: Adquisición de competencias y habilidades. Aquí se trata de recabar la opinión que tienen los alumnos sobre la influencia que tiene el uso de BIM en la adquisición de competencias y habilidades requeridas para el desarrollo profesional. Aportando información sobre las actitudes, expectativas y las competencias adquiridas por los alumnos
- Quinta categoría: Valoración general y comentarios. De este apartado se pretenden obtener datos cualitativos del nuevo planteamiento de la asignatura, prestando especial atención a la incorporación de BIM.

Ilustración 10. Esquema cuestionario



La mayor parte las preguntas son preguntas de respuesta cerrada, algunas de opción múltiple y otras de escala de valoración tipo Likert (de 4 niveles). Esto se ha considerado apropiado debido al menor esfuerzo que este tipo de cuestiones supone para el encuestado. Así se evitan al máximo las incertidumbres y la ausencia de respuestas. Otra de las ventajas es que se codifican más fácilmente para su posterior tratamiento informático. Al final del cuestionario se han incluido algunas preguntas de respuesta abierta, para dar la oportunidad a los encuestados de expresar libremente su experiencia u opinión.

Validación cuestionario provisional

Parte fundamental del uso de encuestas en investigación es la validación del mismo. Con este fin se realiza por un lado una validación por jueces expertos y por otro, se realiza una prueba piloto con un grupo reducido de alumnos. Para finalizar se calculará el coeficiente Alfa de Cronbach.

- VALIDACIÓN POR JUECES EXPERTOS

La importancia de corroborar el contenido y la forma del cuestionario, nos lleva a realizar un análisis por parte de docentes/investigadores expertos pertenecientes a la UEX. Se envió un correo electrónico con dos enlaces uno del cuestionario provisional que debían revisar y el otro en el que se les facilitó una hoja de evaluación del cuestionario, para hacer sus anotaciones o aportes respecto al primero. El total de experto a los que se convocó fueron 8, de los cuales respondieron de forma anónima 4. Los expertos que han colaborado han incidido principalmente en corregir frases ambiguas, aspectos de forma y algunos errores tipográficos. En la tabla 26 se muestra la valoración que general que realizaron. Varios de ellos coincidieron en la conveniencia de hacer una presentación en la que se introdujera el tema y se solicitara la colaboración.

Tabla 26. Valoración Expertos

ASPECTOS A VALORAR POR LOS	RESULTADOS		
	Buena	Normal	Mejorable
Redacción de ítems	1	2	1
Claridad del vocabulario empleado	2	2	0
Adecuación del orden de ítems	2	1	1
Extensión del cuestionario	4	0	0
Valoración general del cuestionario	1	1	2
Cantidad de ítems	2	1	1

EXPERTO 1

Es adecuado introducir la encuesta explicando la intención de la misma, además mostrar la importancia de la participación.

Se recomienda unificar la manera en que están redactados los ítems, todas como afirmación o como preguntas.

En el ítem edad, rehacer los intervalos, adecuándolo a la edad de los estudiantes universitarios.

En el último bloque, incluir un ítem que refleje la satisfacción de los encuestados con la nueva metodología empleada en la asignatura.

EXPERTO 2

Sería conveniente redactar un breve párrafo a modo de introducción del trabajo y alentando a la colaboración.

No se hace necesario el ítem 3. Región donde vive, ni el ítem 5. Indique la empresa en la que trabaja o la universidad en la que estudia.

En el ítem 14 añadir preguntas para saber qué tipo de formación han recibido hasta el momento y cuál ha sido el software empleado.

EXPERTO 3

El cuestionario debe llevar una explicación introductoria al comienzo.

En el ítem 6. Titulación universitaria, añadir especialidad

El bloque 4. Adquisición de competencias debería incluir también las habilidades

En ese mismo bloque se podrían incluir algún ítem sobre los beneficios de BIM.

- REALIZACIÓN DE PRUEBA PILOTO

El siguiente paso realizado para la aprobación del cuestionario provisional fue realizar una prueba piloto. La finalidad de esta prueba era comprobar que el formato digital del cuestionario era fácilmente abordable y comprensible por parte de los alumnos. Además era necesario tener constancia de que el método de realización y envío era correcto.

Se seleccionó un conjunto formado por 18 alumnos (6 de cada una de las 3 especialidades que van a intervenir en el estudio). El envío se llevó a cabo, de manera aleatoria, al correo institucional de los alumnos de la UEX⁶⁴. En el mismo correo se les instaba a indicar los problemas surgidos durante la realización del cuestionario.

Finalmente, se hicieron algunos retoques en la forma de presentación de los ítems. Se introdujo la opción de obligatoriedad en todas las preguntas en aras de obtener el mayor número de cuestionarios completos.

- COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH del cuestionario provisional

El coeficiente Alfa de Cronbach se emplea para validar el instrumento de recolección de datos, en este caso el cuestionario. Es un índice de consistencia interna que toma valores entre 0 y 1 y que sirve para comprobar si el instrumento que se está evaluando recopila información defectuosa y por tanto nos llevaría a conclusiones equivocadas o si se trata de un instrumento fiable que hace mediciones estables y consistentes.⁶⁵

Alfa es por tanto un coeficiente de correlación al cuadrado que, a grandes rasgos, mide la homogeneidad de las preguntas promediando todas las correlaciones entre todos los ítems para ver que, efectivamente, se parecen.

⁶⁴ UEX, Universidad de Extremadura

⁶⁵ <http://asesoriatesis1960.blogspot.com.es/2014/07/coeficiente-alfa-de-cronbach.html>

Su interpretación será que, cuanto más se acerque el índice al extremo 1, mejor es la fiabilidad, “índices superiores a 0,7 son considerados como un buen nivel de fiabilidad” [267]

El software empleado para el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach, al igual que el que se empleará en el estudio estadístico es R-project⁶⁶, en concreto el paquete RCommander⁶⁷

Ilustración 11. Salida de resultados en R del Coeficiente Alfa de Cronbach

```
> reliability(cov(Pruebapiloto2[,c("Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.compe
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Aprendizaje.at
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Capacidad.de.ç
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Capacidad.de.ç
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Compromiso.éti
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Comunicación.ç
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Conocimientos.
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Creatividad.",
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Habilidades.er
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Liderazgo.",
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Motivación.por
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Razonamiento.ç
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Resolución.de.
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Toma.de.decisi
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Trabajo.en.equ
+ "Valore.en.qué.medida.cree.que.BIM.puede.potenciar.cada.una.de.las.sigüientes.competencias.básicas..Trabajo.en.equ
+ "Valore.la.influencia.que.tendrá.la.tecnología.BIM.en.las.4.destrezas.más.importantes.identificadas.por.las.neces
+ "Valore.la.influencia.que.tendrá.la.tecnología.BIM.en.las.4.destrezas.más.importantes.identificadas.por.las.neces
+ "Valore.la.influencia.que.tendrá.la.tecnología.BIM.en.las.4.destrezas.más.importantes.identificadas.por.las.neces
+ "X.considera.importante.que.la.formación.universitaria.fomente.el.trabajo.colaborativo.y.multidisciplinar.",
+ "X.Cree.necesario.que.se.produzca.una.evolución.tecnológica.en.la.enseñanza.universitaria.", "X.cuál.es.su.predispo
+ "X.la.formación.recibida.en.nuevas.tecnologías.para.el.desarrollo.de.la.actividad.labor
+ "X.Ha.es escuchado.hablar.de.la.metodología.BIM.o.de.las.aplicaciones..ArchiCAD..Allplan.o.Revit.", "X.Tiene.conocimie
Alpha reliability = 0.7996
Standardized alpha = 0.7915
```

	Alpha	Std.Alpha
.Adaptación.a.nuevas.situaciones.	0.7916	0.7806
.Aprendizaje.autónomo.	0.8086	0.8040
.Capacidad.de.análisis.y.síntesis.	0.7953	0.7865
.Capacidad.de.gestión.de.la.información.	0.7816	0.7696
.Capacidad.de.organización.y.planificación.	0.7934	0.7838
.Compromiso.ético.	0.7977	0.7881
.Comunicación.oral.y.escrita.	0.7998	0.7908
.Conocimientos.de.informática.relativos.al.ámbito.de.estudio.	0.7961	0.7875
.Creatividad.	0.7957	0.7871
.Habilidades.en.las.relaciones.interpersonales.	0.7917	0.7834
.Liderazgo.	0.7962	0.7895
.Motivación.por.la.calidad.	0.8046	0.7967
.Razonamiento.critico.	0.7980	0.7900
.Resolución.de.problemas.	0.7896	0.7805
.Toma.de.decisiones.	0.7845	0.7757
.Trabajo.en.equipo.	0.7923	0.7839
.Trabajo.en.equipo.de.carácter.interdisciplinar.	0.7805	0.7721
.Control.de.calidad.	0.7768	0.7704
.Cuantificación.y.estimación.	0.7826	0.7738
.Detección.de.conflictos.y.coordinación.	0.7820	0.7728
.Entendimiento.de.procesos.constructivos.	0.7883	0.7804
.Programación.y.visualización.4D.	0.8046	0.7957
.Trabajo.colaborativo.y.multidisciplinar.	0.7999	0.7877
.Evolución.tecnológica.en.la.enseñanza.universitaria.	0.7841	0.7739

Se ha calculado el estadístico de fiabilidad al conjunto de los 25 ítems cuantitativos que forman la encuesta, dando como resultado el coeficiente Alfa de Cronbach 0.7996 este valor se encuentra por encima del umbral de

⁶⁶ R-project, es un entorno y lenguaje de programación con un enfoque al análisis estadístico. Se trata de uno de los lenguajes más utilizados en investigación por la comunidad estadística. <https://www.r-project.org/>

⁶⁷ RCommander, es un paquete de R-project que proporciona una interfaz gráfica al usuario, para que su uso sea más fácil e intuitivo. <http://www.rcommander.com/>

validez (superior a 0,7) aceptado generalmente en la literatura especializada [268]. La ilustración 11 es una muestra del análisis realizado para obtener el Coeficiente Alfa de Cronbach.

Cuestionario definitivo

Una vez realizadas las modificaciones sugeridas por los expertos y con los datos obtenidos en la prueba piloto y el coeficiente Alfa de Cronbach de los apartados anteriores, se considera que el cuestionario se puede emplear como definitivo para llevar a cabo el estudio con el resto de alumnos.

La redacción de este cuestionario aparece en el Anexo C, como Cuestionario definitivo antes de la formación.

Población y selección de muestra

La población de interés para esta investigación fueron los alumnos de la asignatura de Proyectos, correspondientes a los cursos 2014/15 y 2015/16. Esta asignatura es obligatoria y se imparte en el 4º año del Grado de Ingeniería Industrial en sus tres especialidades.

En el momento en que se ha seleccionada la población de estudio, se procede a tomar una muestra representativa de la misma. Esta muestra debe contener las características de la población, considerándose entonces un subconjunto de elementos que la representan fielmente. Al seleccionar una muestra lo que se hace es estudiar una parte o un subconjunto de la población, pero que sea lo suficientemente representativa de ésta para que luego pueda generalizarse el estudio a toda la población.

La muestra de estudio es no probabilística ni aleatoria, puesto que los sujetos que participan en la investigación lo forman un grupo voluntario de alumnos.

El número de alumnos que han formado parte de este estudio son 96 alumnos del curso 2014/2015 y 89 alumnos del curso 2015/16. Lo que hacen un tamaño total de la muestra de 185 alumnos. Que deben cursar de manera obligatoria para obtener el Título correspondiente a la formación universitaria reseñada con anterioridad, por tanto el conocimiento previo, interés y motivación es muy variado en lo referente a la Tecnología BIM.

La muestra seleccionada no es probabilística (pues no todos los elementos de ésta tienen la misma posibilidad de ser elegidos) ni aleatoria (elegidos al azar), pues los alumnos que han participado en las encuestas están sujetos a la voluntariedad de realizarlas.

Para realizar el cálculo del tamaño muestral se emplea la siguiente fórmula

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{d^2 \cdot (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

donde:

- n es el tamaño de la muestra
- N es el tamaño de la población total
- Z_{α} . Si consideramos una variable aleatoria que siga una distribución normal tipificada, Z_{α} representa el valor que hace que la probabilidad de que esta variable aleatoria quede dentro del intervalo $(-Z_{\alpha}, Z_{\alpha})$ sea $1 - 2\alpha$. Este es el parámetro que indica el grado de confianza, siendo α la mitad de 100 menos el grado de confianza.
- p representa la porción poblacional que cumple la propiedad que se estudia. Habitualmente es desconocida, por lo que se suele acotar con el valor 0,5, que es el que nos daría un mayor valor del tamaño de la muestra.

- d representa la precisión de la proporción que se estima (indica el intervalo en el que puede variar la proporción para el grado de confianza seleccionado)

En la investigación que aquí se desarrolla, se tienen los siguientes valores:

tamaño de la población $N= 239$, para que la muestra sea válida para cualquier otra proporción poblacional se toma como valor de $p=0.5$ y se emplean los grados de confianza y de precisión habituales (95% de confianza, lo que nos lleva a un $Z \alpha = 1'962$, y una precisión del 5%, $d = 0'05$).

Así al sustituir en la fórmula cada valor, se obtiene que el tamaño muestral mínimo exigido es de $n = 157,55$, es decir, necesitamos una muestra aceptante superior a 158 individuos. Como se puede observar en la Tabla 27 el número de alumnos que participa en el estudio es de 168, cumpliéndose la condición de tamaño muestral mínimo.

Tabla 27. Tamaño muestral

Tamaños de la población y de la muestra		
Población total	Muestra invitada	Muestra aceptante
239 individuos	239 individuos (100%)	168 (70,30%)

Aplicación del cuestionario

Como ya ha sido mencionado en apartados anteriores la encuesta se ha hecho llegar a los alumnos de la asignatura en cuestión de las tres especialidades existentes, durante los cursos 2014/15 y 2015/16.

El proceso de entrega se ha realizado mediante herramientas digitales disponible en las siguientes fases:

- Enlace directo a la encuesta en el campus virtual, al que tienen acceso y acceden de manera frecuente todos los alumnos. Es el medio de comunicación más directo alumno-profesor.

- Realización de visita a las aulas al comienzo de cada período (inicio y final de docencia en los dos cursos en que se realiza), para instar a la participación en la misma.

- Envío por correo electrónico personal.

Para desarrollar esta fase se emplean, unas 6 semanas en cada curso académico.

Tras responder las preguntas del cuestionario, los resultados se almacenan de forma digital en una base de datos directamente. Esto posibilita su uso inmediato en aplicaciones informáticas estadísticas. Se realizó una revisión de las encuestas completadas, en la que se decidió que todas las que se habían recibido eran válidas para el estudio, sin tener que desechar ninguna.

En la tabla 28, se presentan el número de participantes en las encuestas, distinguiendo la especialidad a la que pertenecen y el curso académico, en el que se realiza.

Tabla 28. Alumnos participantes de cada especialidad

Datos de los participantes		Año 2014/15		Año 2015/16	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%
Sexo	Masculino	77	81,05%	61	83,56%
	Femenino	18	18,95%	12	16,44%
Titulación/ Especialidad	Mecánica	52	54,74%	42	57,53%
	Eléctrica	23	24,21%	15	20,55%

	Electrónica	20	21,05%	16	21,92%
Edad	20-24 años	69	72,63%	66	90,41%
	25-34 años	25	26,32%	7	9,59%
	35-44 años	1	1,05%	0	0%

Las fases que se han llevado a cabo para la aplicación y distribución de la encuesta se describen a continuación:

- Mediante la aplicación de Google Drive se han creado las encuestas en formato electrónico que se emplean en la investigación. La elección de esta herramienta ha sido por tres motivos:
- El coste y la versatilidad, es una herramienta gratuita. Se dispone de una plantilla en la que se pueden elegir distintos tipos de preguntas y respuestas. Permite incluir un párrafo introductorio en el mismo cuestionario, que explique a los participantes los objetivos de la investigación.
- La accesibilidad y uso, para comenzar a usar es suficiente con tener cuenta de correo gmail. Su uso es sencillo, no es necesario tener conocimientos avanzados de programación.
- Recopilación de datos, los datos quedan almacenados en una hoja Excel descargable y exportable a otros formatos con los que se necesite trabajar para su tratamiento con software específico de estadística. Además el almacenamiento no tiene limitación ni en número de respuestas ni en tiempo.
- Previo su uso final, el cuestionario ha sido sometido a varias pruebas que confirmaran su adecuado funcionamiento, mediante la comprobación pertinente en el archivo de almacenamiento de resultados.

- No hizo falta crear una carta de presentación a parte, pues como ya se ha indicado la herramienta empleada permitía una introducción explicativa de la encuesta.
- Para finalizar se hizo llegar el link de la encuesta por distintos medios a la totalidad de la población objeto de estudio.

Fiabilidad del cuestionario

Cuando en una investigación se emplean instrumentos para la recogida de datos como la encuesta, es apropiado comprobar la validez y eficacia de las preguntas que en ellas se formulan. Esto asegura el rigor y la calidad del trabajo científico que entraña el desarrollo de una tesis doctoral.

Para saber si una cuestión es adecuada, se debe inducir a un aporte de información relevante y exacta en la respuesta. La forma y los términos empleados en su redacción forman parte fundamental para su validez. Las mejores respuestas serán aquellas que no han tenido que ser reflexionadas ni interpretadas por parte de los encuestados. Así una característica fundamental de la encuesta es la congruencia de las preguntas.

La fiabilidad hace referencia a la consistencia o congruencia interna entre las respuestas que dan los sujetos a los distintos ítems de una prueba (Navas, 2001) citado en [176]. Es el grado en que un instrumento mide con precisión, sin error. Indica la condición del instrumento de ser capaz de ofrecer en su empleo repetido resultados veraces y constantes en condiciones similares de medición.

De manera generalizada para comprobar la fiabilidad de un cuestionario se hace a través de su consistencia. La consistencia se refiere al nivel en que los diferentes ítems o preguntas de una escala están relacionados entre sí. Esta homogeneidad entre los ítems nos indica el grado de acuerdo entre los

mismos y, por tanto, lo que determinará que éstos se puedan acumular y dar una puntuación global. La consistencia se puede comprobar a través de diferentes métodos estadísticos. En este caso para realizar la fiabilidad de los cuestionarios se emplea el método tradicional basado en la covariación de los ítems, denominado coeficiente alfa de Cronbach. Este tipo de fiabilidad es la más apropiada para investigaciones que emplean cuestionarios en los que hay un rango de posibles respuestas para cada ítem (McMillan & Schumacher, 2011) citado en [176]. El coeficiente alfa de Cronbach es un método estadístico muy utilizado. Sus valores oscilan entre 0 y 1. Se considera que existe una buena consistencia interna cuando el valor de alfa es superior a 0,7.

Al igual que ya se realizó con los resultados de la prueba piloto, se calcula el mismo coeficiente para los cuestionarios definitivos empleados en la investigación, con el fin de obtener la confirmación sobre la fiabilidad de los mismos. Así en la tabla 29, se observan los resultados para los cuatro cuestionarios empleados, antes y después de la formación BIM. Tras el cálculo de este coeficiente se obtuvieron valores cercanos a 0.90 en todos los casos, lo cual nos confirma una consistencia interna elevada. Ya que los coeficientes alfa de Cronbach calculados (todos superiores a 0,8) son considerados como aceptables [269].

Tabla 29. Resultados del Coeficiente Alfa de Cronbach

	Resultados Coeficiente Alfa de Cronbach	
	Año 2014/15	Año 2015/16
Antes de la formación	0.8985	0.8681
Después de la formación	0.8816	0.8713

La siguiente ilustración es un extracto del cálculo en R-project del Coeficiente Alfa de Cronbach.

Ilustración 12. Extracto cálculo Coeficiente Alfa de Cronbach antes de la formación

```

Salida
> reliability(cov(Antesformac2014[,c("G01","G02","G03","G05","G06",
"G07","G08","G09","G10", "G12","G14","G15","G16","G17","G18","G19",
"G22","HI01","HI02","HI03", +
"HI04","HI05","P_12","P_13","P_16","P_17","P_19","P_23")], use="complete.obs"))
Alpha reliability = 0.8985
Standardized alpha = 0.8983

Reliability deleting each item in turn:
      Alpha Std.Alpha r(item, total)
G01 0.8962 0.8961 0.4055
G02 0.8942 0.8938 0.5169
G03 0.8954 0.8954 0.4496
G05 0.8940 0.8937 0.5217
G06 0.8938 0.8932 0.5443
G07 0.8954 0.8950 0.4528
G08 0.8915 0.8916 0.6286
G09 0.8911 0.8909 0.6582
G10 0.8917 0.8914 0.6371
G12 0.8934 0.8937 0.5434
...
Mensajes

```

Incidencias en la aplicación del cuestionario

La principal incidencia presentada en los períodos de realización de la encuesta, fue la participación, lo que nos llevó a emitir varios recordatorios para su realización. Para ello se realizaron numerosas peticiones de colaboración a través del campus virtual, correos electrónicos e incluso de formar presencial en las clases. Con el objetivo de alcanzar una muestra suficientemente representativa. Finalmente tal y como aparece en el apartado relativo a la sel zado la encuesta algo más del 70% de la población invitada, considerándose un porcentaje de participación elevado y suficiente para realizar la investigación.

Los resultados obtenidos de los datos recogidos mediante la encuesta se detallan en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE DATOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS GENERALES

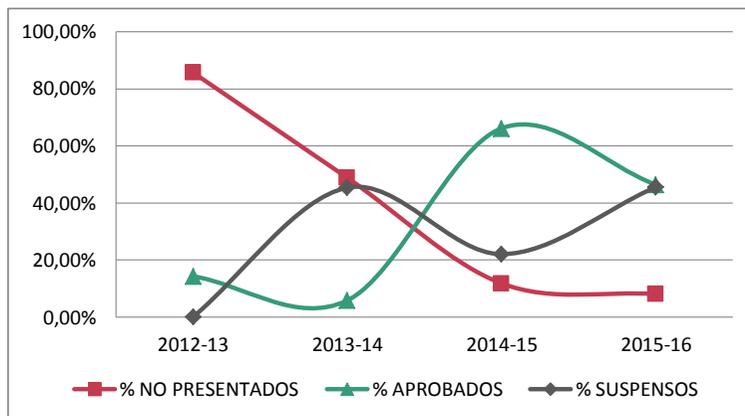
El análisis de datos se ha llevado a cabo mediante el empleo de dos software de tratamiento de datos. Por un lado, R-Project (Rkward, R-Commander...), es un software libre que se emplea para el análisis estadístico de datos cuantitativos, obtenidos de las preguntas tipo Likert. Y por otro, EXCEL, con el que también se ha realizado parte del estudio estadístico y la representación gráfica de los datos.

Datos de partida.

En el capítulo anterior ya se ha explicado las características de la asignatura y el cambio que se ha llevado a cabo.

El dato de partida para el nuevo planteamiento de la asignatura, eran las calificaciones y en concreto el alto porcentaje de alumnos que abandonaban la asignatura en primera convocatoria. En el siguiente gráfico, se observa que antes del realizar el cambio, se muestran los resultados de los cursos 2012-13 y 2013-14, entre el casi 50% y el 80% obtenían calificación de NO PRESENTADO. Un índice demasiado elevado. A partir de incluir la tecnología BIM y algunos aspectos más, como trabajo en grupo y entregas parciales. Este porcentaje se reduce de manera drástica. El primer año, el 12% de los alumnos abandonaron la asignatura y el segundo año, se redujo este porcentaje aún más al 8%. Con este dato, ya se puede considerar que el cambio en el planteamiento de la asignatura ha sido un éxito. Por otro lado, si observamos la curva de aprobados, antes del cambio, este porcentaje no llegaba al 20% y sin embargo, después se sitúa entre el 40% y el 60%.

Gráfico 19. Calificaciones alumnos



Datos de identificación.

© **Género de los participantes**

Según [116] en su trabajo, obtiene una diferencia sustancial de participación entre hombre (80%) y mujeres (20%). Esto demuestra que la muestra fue representante de la industria, la Comisión de Igualdad de Oportunidades de 1990 afirma que: "Las mujeres siguen estando insuficientemente representadas de manera significativa en el sector primario... en particular, en el industria de la construcción. "

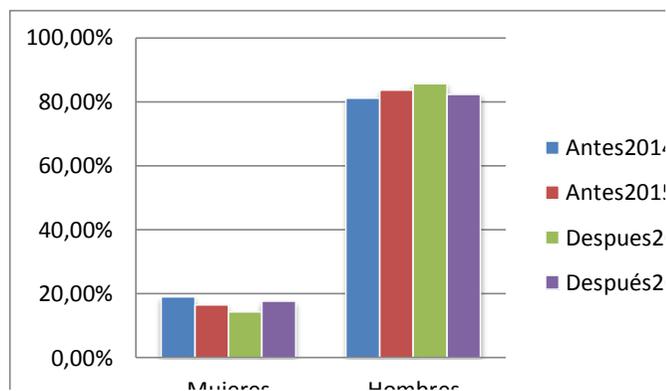
Según un estudio realizado, el porcentaje de mujeres que participan en el sector es bastante inferior que el porcentaje de hombres, este hecho se aprecia en los datos mostrados en la tabla 30 junto al respectivo gráfico 20.

El porcentaje de mujeres que han participado en el estudio, no llega al 20% mientras que los hombres destacan en número, superando el 80%. Esto refleja de manera muy aproximada los datos de la representación femenina en el sector.

Tabla 30. Género de los participantes

PA_01	Fr	Antes2014		Antes2015		Despues2014		Después2015	
		Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%
Sexo									
Mujeres		18	18,95%	12	16,44%	13	14,29%	12	17,65%
Hombres		77	81,05%	61	83,56%	78	85,71%	56	82,35%

Gráfico 20. Género de los participantes



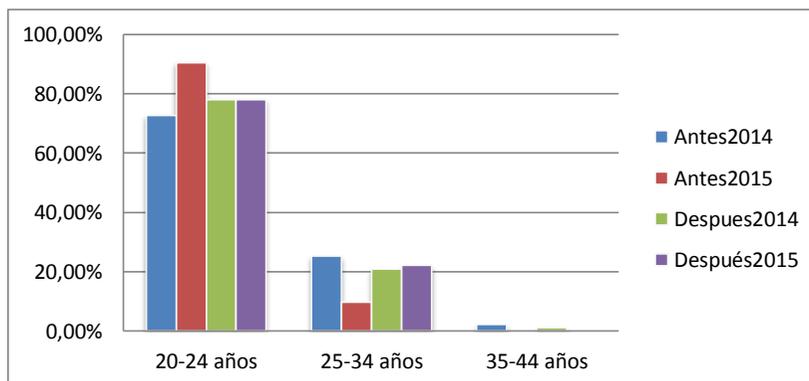
⊙ Edad de los participantes

Con el fin de conocer más datos de la muestra de estudio, se recaba información sobre la edad de los alumnos. Para ello se establecen 3 intervalos de edad, 20-24 años, 25-34 años y 35-44 años. Como era previsible la participación mayoritaria se concentra en el rango de edad entre los 20 – 24 años, en los dos cursos académicos en los que se realiza el estudio. Los resultados se observan la tabla 31 y el gráfico 21.

Tabla 31. Edad de los participantes

PA_02 Edad	Antes2014		Antes2015		Despues2014		Después2015	
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%
20-24 año	69	72,63%	66	90,41%	71	78,02%	53	77,94%
25-34 año	24	25,26%	7	9,59%	19	20,88%	15	22,06%
35-44 año	2	2,11%	0	0,00%	1	1,10%	0	0,00%

Gráfico 21. Edad de los participantes



⊙ Especialidad de los participantes

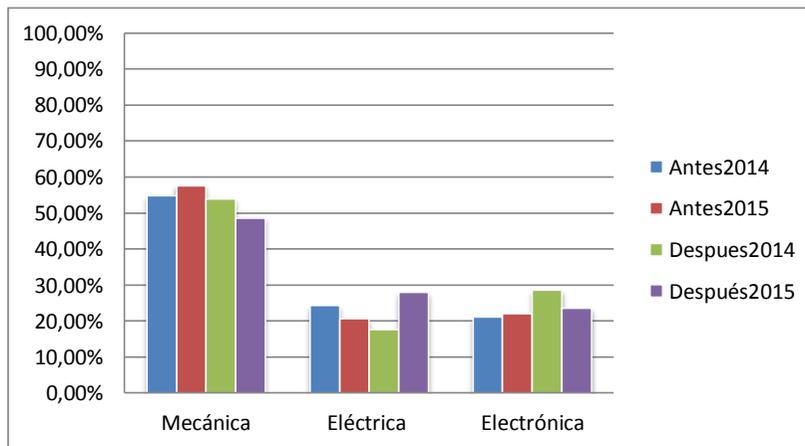
En el Grado de Ingeniería Industrial existen 3 especialidades, las cuales tienen como obligatoria la asignatura objeto de estudio: Proyectos. Vemos en este apartado, que el mayor número de alumnos que han participado en el estudio al igual que en la matriculación corresponden a la especialidad de

Mecánica, que se sitúa entre el 50% - 60%. En la tabla 32 y el gráfico 22 aparecen los resultados.

Tabla 32. Especialidad de los participantes

PA_04 Especialidad	Antes2014		Antes2015		Despues2014		Después2015	
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%
Mecánica	52	54,74%	42	57,53%	49	53,85%	33	48,53%
Eléctrica	23	24,21%	15	20,55%	16	17,58%	19	27,94%
lectrónica	20	21,05%	16	21,92%	26	28,57%	16	23,53%

Gráfico 22. Especialidad de los participantes



4.2. ANÁLISIS DE VARIABLES CATEGÓRICAS ANTES DE LA FORMACIÓN BIM

En este apartado se van a describir los resultados obtenidos de los diferentes ítems, antes de recibir la formación BIM incluida en el nuevo planteamiento de la asignatura de proyectos. Esto es durante el primer mes de clases, en los dos años de estudio, se les facilita el cuestionario a los alumnos de la misma.

⊙ Formación universitaria sobre aplicaciones informáticas

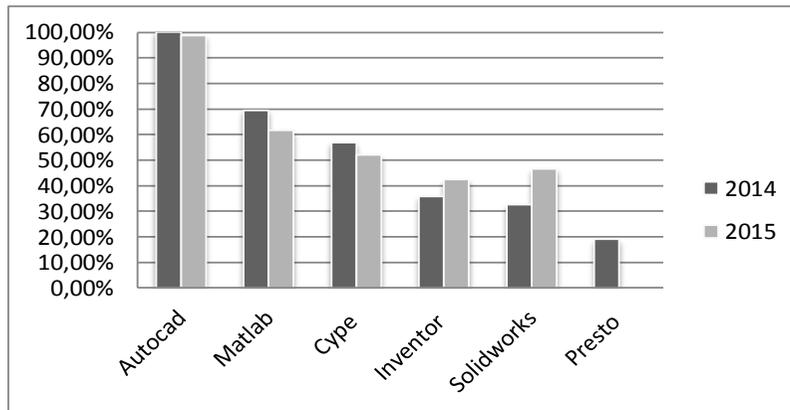
Tener una idea del punto de partida en referencia a los software o aplicaciones informáticas en las que los alumnos han recibido formación durante la formación universitaria. Por ello es de interés esta pregunta. En la tabla 33, se puede ver que tanto en 2014 como en 2015 valores muy próximos al el 100% de los alumnos indican haber recibido formación de AutoCAD. Además hay otras aplicaciones en la que también han sido instruidos en porcentajes elevados, como son Matlab y Cype, entre otros.

PA_05. Durante la formación universitaria recibida indique qué software o aplicaciones informáticas han sido empleadas

Tabla 33. Aplicaciones informáticas

	Antes2014		Antes2015	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Autocad	95	100,00%	72	98,63%
Matlab	66	69,47%	45	61,64%
Cype	54	56,84%	38	52,05%
Inventor	34	35,79%	31	42,47%
Solidworks	31	32,63%	34	46,58%
Presto	18	18,95%	0	0,00%

Gráfico 23. Aplicaciones informáticas durante la formación universitaria



En referencia al uso de aplicaciones para representación gráfica de la información, en concreto y centrándonos en las herramientas de CAD. Se observa en la tabla 34 que más del 85% de los participantes emplean estas herramientas para realizar actividades en 2D.

PA_06. ¿Emplea alguna herramienta CAD 2D para el desarrollo de su actividad?

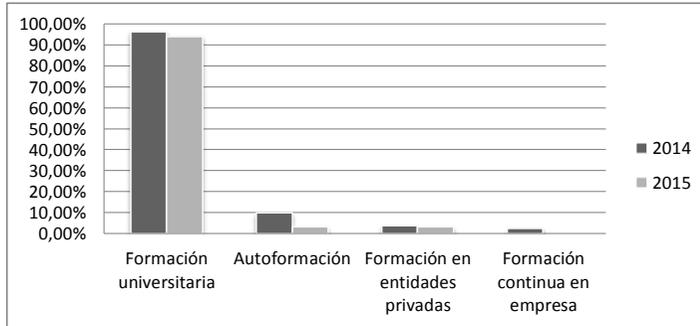
Tabla 34. Uso de CAD 2D

	Antes2014		Antes2015	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Sí	81	85,26%	65	89,04%
No	9	9,47%	6	8,22%
NC	5	5,26%	2	2,74%

Los siguientes ítems hacen referencia al tipo de formación recibida y al software empleado de las aplicaciones CAD 2D. Los resultados muestran que en torno al 95% de los participantes de ambos años, han recibido formación universitaria gráfico 24 y el casi el 100% de los alumnos ha sido con el software AutoCAD gráfico 25.

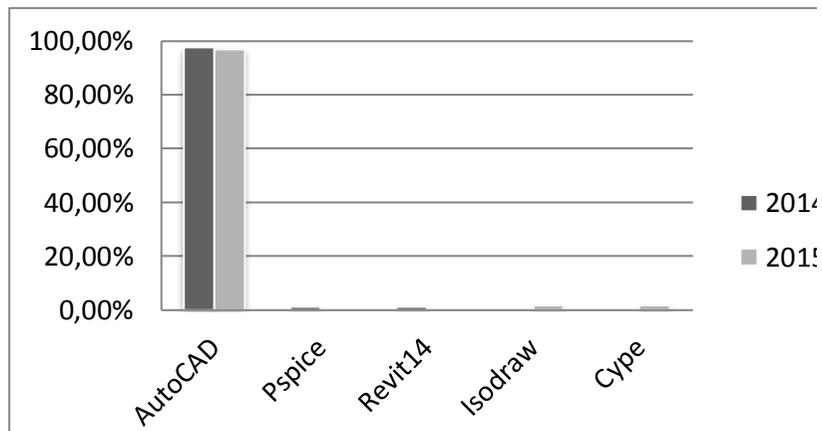
PA_07. En caso afirmativo, indique qué tipo de formación ha recibido:

Gráfico 24. Formación CAD 2D



PA_08. ¿Cuál ha sido el software empleado?

Gráfico 25. Software CAD 2D



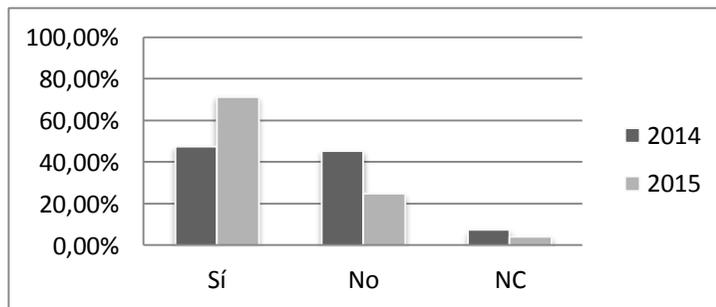
En referencia al uso de aplicaciones en tres dimensiones, el porcentaje varía de un curso a otro. En 2014 alrededor del 50% usa herramientas CAD 3D y casi el mismo porcentaje no lo emplea. Sin embargo, en 2015 algo más del 70% de los alumnos emplean este tipo de herramientas, como se observa en la tabla 35 y el gráfico 26.

PA_09. ¿Emplea alguna herramienta CAD 3D para el desarrollo de su actividad?

Tabla 35. Uso CAD 3D

	Antes2014		Antes2015	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Sí	45	47,37%	52	71,23%
No	43	45,26%	18	24,66%
NC	7	7,37%	3	4,11%

Gráfico 26. Uso de CAD 3D



Por su parte el tipo de formación recibida y el software empleado, se puede observar en los gráficos 27 y 28 respectivamente. La formación recibida ha sido universitaria en la gran mayoría de ambos cursos. Los software empleados han sido varios entre los que destacan, Inventor y Solidworks, en ambos cursos académicos. Sin embargo, en el curso 2015/2016, también se incluye Revit con un porcentaje importante de los alumnos, casi el 50%.

Gráfico 27. Tipo de formación CAD 3D

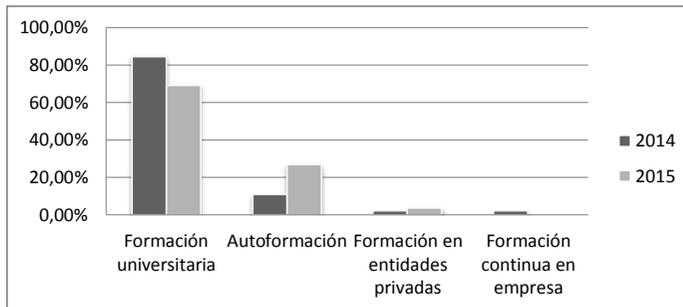
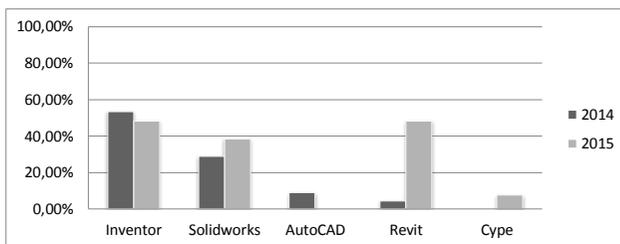


Gráfico 28. Software CAD 3D



⊙ Conocimientos previos BIM

En el momento de hacer la encuesta, es importante saber el punto de partida de los conocimientos BIM que los alumnos poseen.

Tal y como se puede observar en la tabla 36 y el gráfico 29. En 2014, el 55% de los alumnos habían escuchado hablar de BIM poco o nada. En 2015, ese porcentaje se redujo al 40%. La mayor diferencia, casi de un 20%, se encuentra entre los que habían escuchado hablar algo de BIM, 34,74% en 2014 y 52,05% en 2015.

Esta diferencia está en línea con los hechos ocurridos en lo referente a BIM a nivel nacional. En Julio 2015, se anuncia la constitución de la comisión BIM en

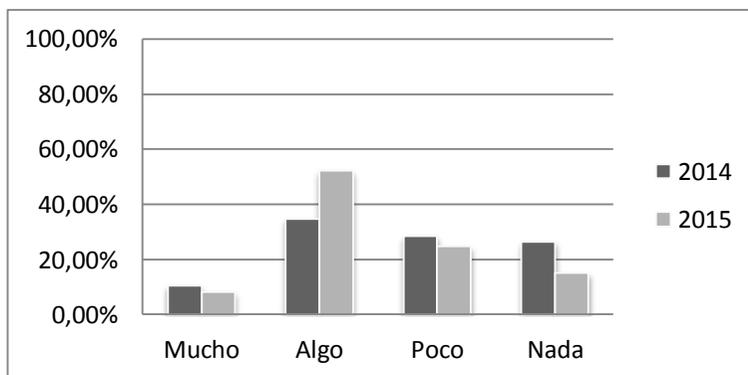
España, tal y como se ha comentado en el apartado correspondiente sobre el panorama nacional BIM.

PA_12. ¿Ha escuchado hablar de la metodología BIM o de las aplicaciones: Archicad, Allplan o Revit?

Tabla 36. ¿Ha escuchado hablar de BIM?

	Antes2014		Antes2015	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Mucho	10	10,53%	6	8,22%
Algo	33	34,74%	38	52,05%
Poco	27	28,42%	18	24,66%
Nada	25	26,32%	11	15,07%

Gráfico 29. ¿Ha escuchado hablar de BIM?



En la tabla 37 Se muestran los resultados de los conocimientos que tienen los alumnos sobre las herramientas BIM. Y aunque existen algunas diferencias entre los dos grupos, se puede observar el elevado porcentaje de ellos que tienen pocos o ningún conocimiento de herramientas BIM, casi el 90% de los alumnos en 2014 y el 75% de los alumnos en 2015.

PA_13. ¿Tiene conocimientos de herramientas BIM?

Tabla 37. Conocimientos BIM

	Antes2014		Antes2015	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Muchos	0	0,00%	0	0,00%
Algunos	12	12,63%	18	24,66%
Pocos	17	17,89%	40	54,79%
Ninguno	66	69,47%	15	20,55%

Por otra parte es importante saber el tipo de formación que han recibido los pocos que tienen algunos conocimientos sobre BIM. Como se muestra en el gráfico 30, la formación autodidacta es la que predomina junto con la formación universitaria. Cabe indicar que esta formación universitaria se refiere a cursos de postgrado, no se incluye hasta este momento en ninguna asignatura más del plan de estudios del Grado de Ingeniería Industrial. Y en referencia al software elegido para iniciarse en esta nueva metodología ha sido en ambos casos con un elevado porcentaje Revit, gráfico 30. Este resultado está muy en línea con los resultados de estudios realizados en otros países en los que el predominio de Revit también se indica, tal y como se ha hecho referencia en los antecedentes.

Gráfico 30. Tipo de formación BIM

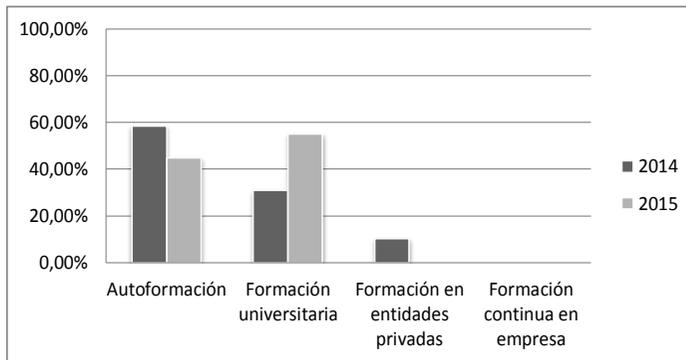
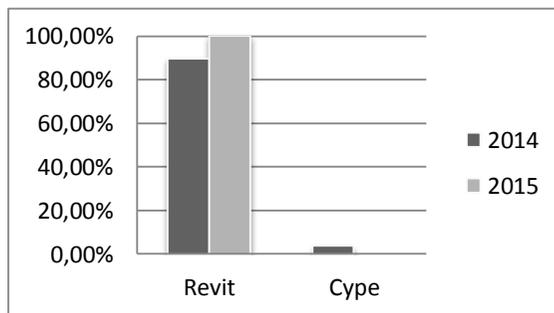


Gráfico 31. Software BIM empleado

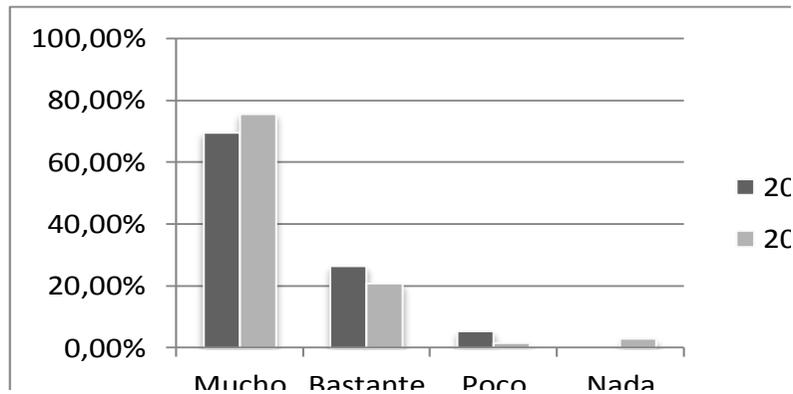


⊙ Evolución tecnológica universitaria

El punto de vista de los alumnos respecto a las nuevas tecnologías empleadas en los estudios universitarios queda reflejado en el gráfico 32, en el que se muestra cómo la práctica totalidad de participantes consideran “Muy o Bastante” necesario que se produzca una evolución tecnológica en la enseñanza universitaria. Lo cual revertiría a su vez en el sector profesional pertinente.

PA14_16. ¿Cree necesario que se produzca una evolución tecnológica en la enseñanza universitaria?

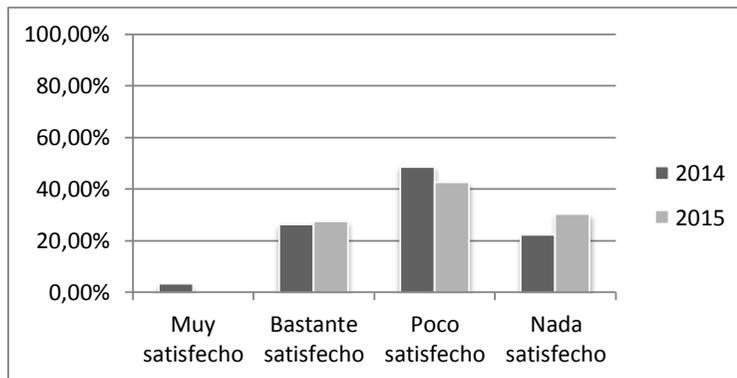
Gráfico 32. Evolución tecnológica universitaria



En la siguiente pregunta del cuestionario, los alumnos, recordamos que son de 4º curso, están “Poco o nada satisfechos” en un porcentaje muy elevado, el 70%, en referencia a la enseñanza de herramientas informáticas aprendidas para el desarrollo de su futura actividad laboral. Se muestra en el gráfico 33.

PA14_23. ¿Está usted satisfecho con la formación recibida en nuevas tecnologías para el desarrollo de la actividad laboral?

Gráfico 33. Satisfacción formación TIC

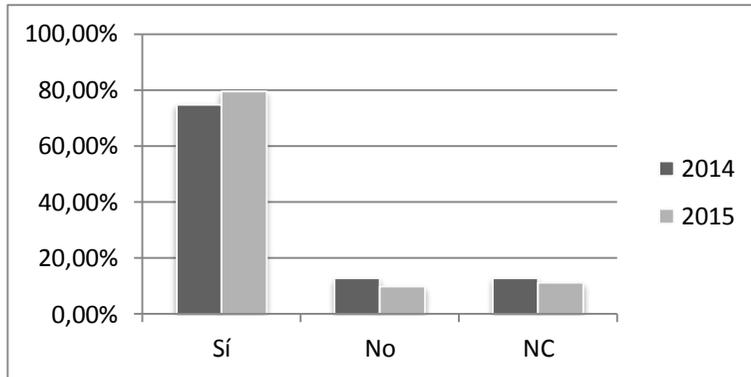


En el mismo sentido se realiza la siguiente pregunta, en referencia a la brecha tecnológica existente entre la formación universitaria y la realidad profesional. En torno al 75% de los participantes tienen la opinión de que la

universidad se está quedando rezagada respecto a las nuevas tecnologías. Como se aprecia en el gráfico 34.

PA15_24. ¿Considera que la Universidad se está quedando rezagada respecto a las nuevas tecnologías que se emplean en la industria?

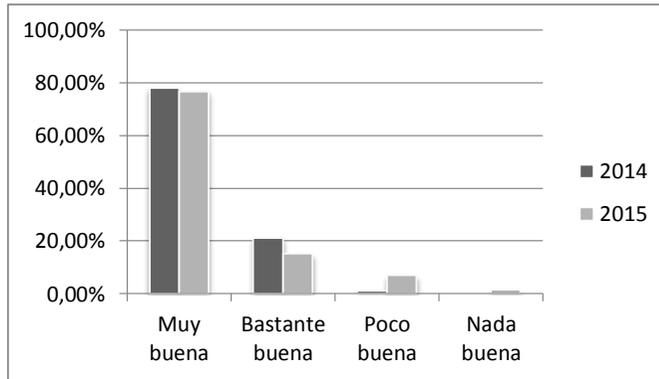
Gráfico 34. Universidad rezagada



⊙ Actitud frente a las TIC

En todo proceso de aprendizaje es imprescindible contar con una predisposición positiva por parte del discente. Esto facilita la adquisición de conocimientos y la aplicación de los mismos. En referencia al aprendizaje de nuevos software, la bibliografía resalta la proclividad que poseen los “nativos digitales” hacia la tecnología como ya se ha visto en el capítulo 2. Y que se muestra en el siguiente gráfico 35, en el que más del 90% de los alumnos consideran que tienen “Bastante o Muy buena” predisposición para aprender nuevos software.

Gráfico 35. Predisposición a aprender nuevos software



4.3. ANÁLISIS DE VARIABLES CATEGÓRICAS DESPUÉS DE LA FORMACIÓN BIM

Tras cursar la asignatura y por ende su formación en BIM, se les entregaba a los alumnos una encuesta. El objetivo de esta encuesta era obtener información respecto a la experiencia con el nuevo planteamiento de la asignatura en general y la influencia de BIM en el proceso de aprendizaje en particular. Se presentan en este apartado los resultados de los ítems que componen el segundo cuestionario.

⊙ Aprendizaje del software

Establecer el grado de dificultad que ha presentado el aprendizaje del software BIM, en este caso REVIT, es fundamental para poder obtener conclusiones sobre el estudio. En la tabla 38 y gráfico 36, se observa que la consideración que los alumnos tienen respecto a la dificultad que les ha supuesto el aprendizaje de Revit es "Difícil y Muy difícil" en torno al 60% de

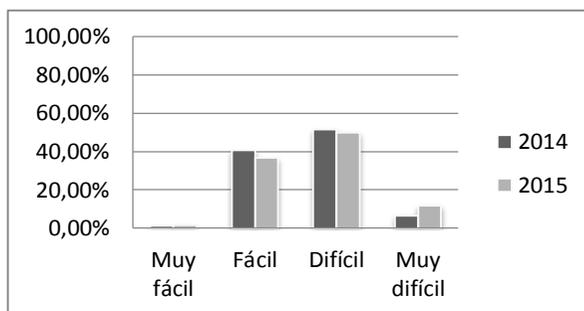
los casos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que entre el 35-40 por ciento de los alumnos consideran que ha sido “Fácil”.

PD_07. Indica el grado de dificultad que te ha supuesto el aprendizaje del software empleado

Tabla 38. Grado dificultad aprendizaje Revit

	Después2014		Después2015	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Muy fácil	1	1,10%	1	1,47%
Fácil	37	40,66%	25	36,76%
Difícil	47	51,65%	34	50,00%
Muy difícil	6	6,59%	8	11,76%

Gráfico 36. Grado de dificultad aprendizaje Revit



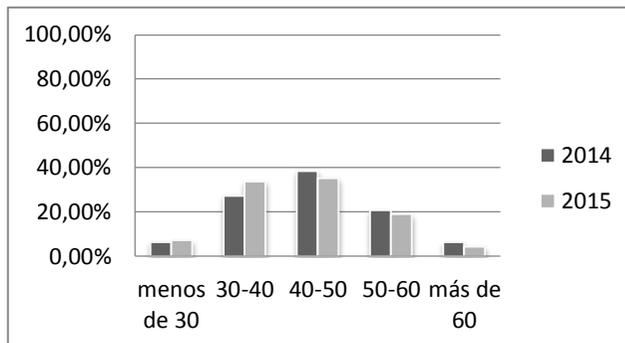
La dedicación en horas al aprendizaje del software se sitúa en los intervalos 30-40 horas y 40-50 horas, indicados por el 65% de los participantes. Este aprendizaje se refiere, al inicial, esto es para dar los primeros pasos en el modelado del proyecto. Estos resultados se encuentran muy en línea con la oferta de cursos básicos de formación que se ofertan, normalmente son de 30, 40 o 50h. Se refiere a los resultados mostrados en tabla 39 y el gráfico 37.

PD_09. ¿Cuántas horas has necesitado invertir en el aprendizaje del software empleado para iniciar el proyecto?

Tabla 39. Horas dedicadas al aprendizaje del software

	Antes2014		Antes2015	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
menos de 30	6	6,59%	5	7,35%
30-40	25	27,47%	23	33,82%
40-50	35	38,46%	24	35,29%
50-60	19	20,88%	13	19,12%
más de 60	6	6,59%	3	4,41%

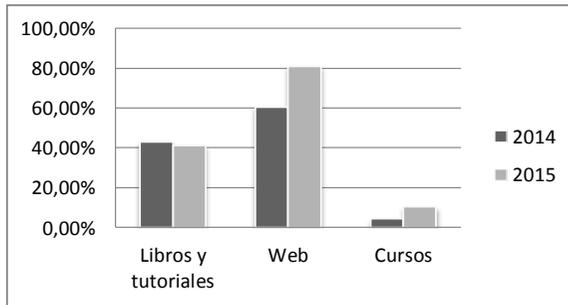
Gráfico 37. Horas dedicadas al aprendizaje del software



En el siguiente gráfico 38, se ofrecen los resultados en referencia a los recursos que han empleado los alumnos para iniciar su aprendizaje en la aplicación BIM usada en la asignatura. En primer lugar, la Web ha sido el medio al que han recurrido los alumnos en mayor porcentaje, entre el 60% y 80%, seguido de libros y tutoriales con un porcentaje cercano al 40%.

PD_10. ¿Cuáles han sido los recursos que has empleado como apoyo para el aprendizaje del software?

Gráfico 38. Recursos empleados en el aprendizaje de Revit



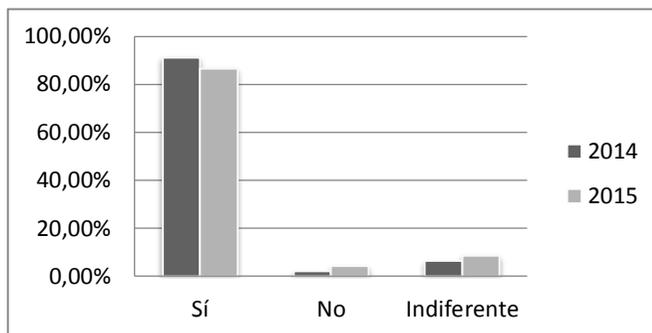
⊙ Aplicación de BIM

En este apartado se persigue conocer la aplicación o beneficios que perciben los alumnos tras su formación y uso de BIM.

Los resultados de la siguiente pregunta se exponen en el gráfico 39. En los dos cursos en los que se ha realizado el estudio, se ha obtenido gran mayoría, más del 80%, que opinan que “Sí” es necesario incorporar BIM en los planes de estudio.

PD_11. ¿Crees necesario que BIM se incorpore en los planes de estudio universitario de arquitectura e ingeniería?

Gráfico 39. Necesidad de incorporar BIM

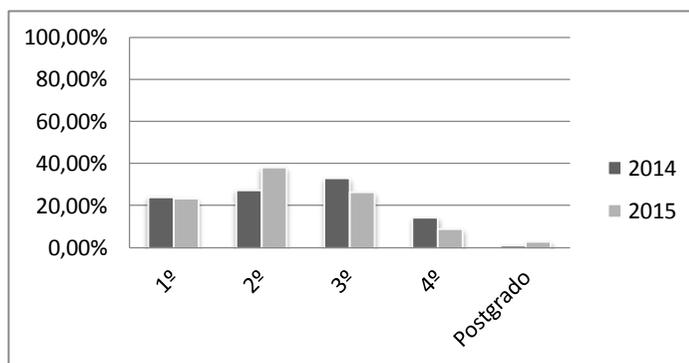


La siguiente pregunta se realiza para poder comparar los resultados aquí obtenidos con la literatura consultada. En el gráfico 40, no se advierte una respuesta clara o mayoritaria sobre el curso en el que creen que sería conveniente comenzar a incluir BIM en el plan de estudios. Sí se aprecia que la mayor parte de los alumnos creen que sería adecuado que se incluya en 2º o 3º, alrededor del 60% de los participantes. Esta elección coincide con otros estudios realizados, en los que se cree que la metodología BIM es compleja de comprender por alumnos de 1º, a los que les faltan conocimientos técnicos necesarios para su comprensión. Y en 4º curso, no hay tiempo suficiente para llevar a cabo el aprendizaje completo del software y de la metodología BIM.

Así en segundo o tercer curso se van adquiriendo conocimientos y se van consolidando tanto a nivel técnico como a nivel práctico. El aprendizaje de BIM se va adecuando con el del resto de asignaturas. Y el ritmo de aprendizaje es más pausado.

PD_12. ¿En qué curso crees que sería adecuado empezar a formar a los alumnos con habilidades BIM?

Gráfico 40. Curso en el que se debería incluir BIM

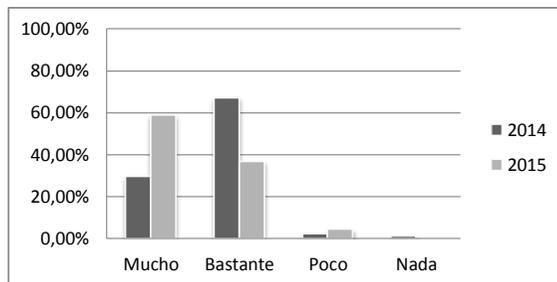


El resultado mostrado en el gráfico 41, era de esperar. Uno de los beneficios más destacados de la tecnología BIM es la integración de todos los

participantes que intervienen en el proyecto. Así más del 95% de los encuestados opinan que la tecnología BIM les ha facilita el trabajo colaborativo y multidisciplinar exigido en esta asignatura. Tal y como se ha explicado en el apartado correspondiente, el proyecto que deben realizar para la asignatura se realiza en grupo, los integrantes pertenecen a cada una de las especialidades del Grado.

PD_13. ¿Crees que BIM facilita el trabajo colaborativo y multidisciplinar?

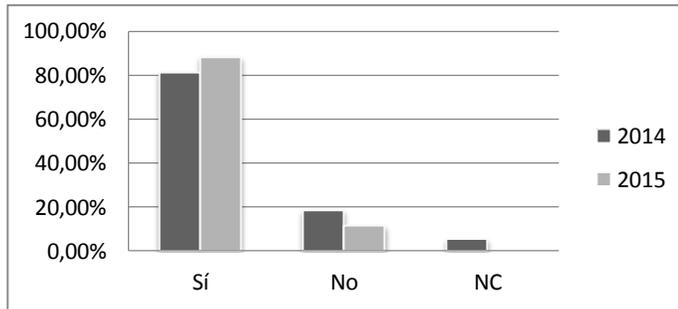
Gráfico 41. BIM facilita el trabajo colaborativo y multidisciplinar



Otro aspecto importante es la utilidad percibida de esta herramienta, en otras áreas. En este sentido más del 80% de los alumnos consideran que los conocimientos BIM adquiridos se pueden aplicar en otras asignaturas, como se observa en el gráfico 42. Este hecho es muy importante pues apoya la opción de introducir la tecnología BIM de forma transversal en los planes de estudio. Abarcando otras áreas que intervienen en el proyecto.

PD_14. ¿Crees que los conocimientos de BIM adquiridos se pueden emplear en otras asignaturas?

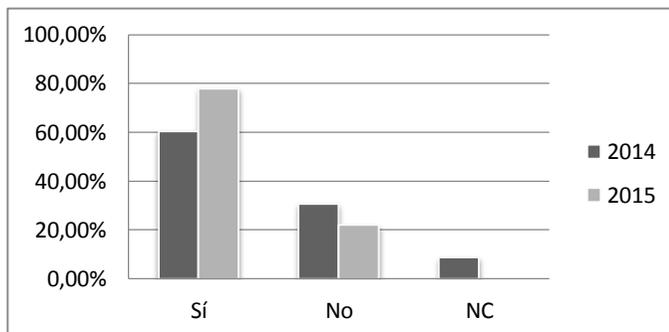
Gráfico 42. Utilidad en otras asignaturas



El resultado de la siguiente pregunta del cuestionario se observa en el gráfico 43. En el curso 2014/15 el 60% de los alumnos consideraron que BIM les había facilitado la comprensión de la asignatura. Este porcentaje se incrementa en el curso siguiente hasta casi el 80%. La variación aquí presentada puede deberse a los conocimientos previos del software.

PD_15. ¿Crees que el aprendizaje de BIM te ha facilitado la comprensión de la asignatura?

Gráfico 43. BIM facilita la comprensión de la asignatura



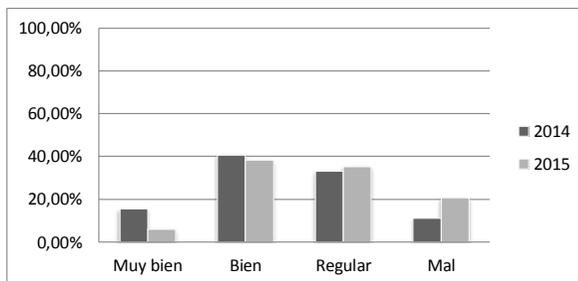
⊙ Estructura, metodología y resultado de la asignatura

Con el fin de ir introduciendo cambios en aras de una mejoría continua en el proceso de enseñanza/aprendizaje de la asignatura de Proyecto. En este apartado de la encuesta se realizan preguntas más concretas en referencia a la forma en que se ha estructurado la asignatura y cómo lo perciben los estudiantes.

El gráfico 44, evidencia que hay necesidad de mejorar el nuevo planteamiento de la asignatura. Si bien, es positivo que el 40% de los alumnos consideren que se ha estructurado “Bien” la asignatura. No es menos importante el porcentaje de alumnos que consideran que se ha estructurado “Regular o Mal”. En este sentido se analizarán los comentarios realizados en las preguntas abiertas.

PD_16. ¿Cómo crees que se ha estructurado la asignatura?

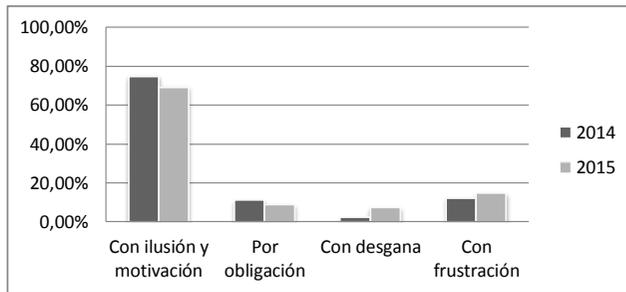
Gráfico 44. Estructura de la asignatura



Los datos del gráfico 45, exponen que la actitud con la que los alumnos han afrontado las clases es un resultado muy positivo puesto que el 70% aproximadamente lo han hecho con “Ilusión y Motivación”, en los dos cursos académicos en los que se ha realizado la encuesta.

PD_17. ¿Cómo has afrontado las clases?

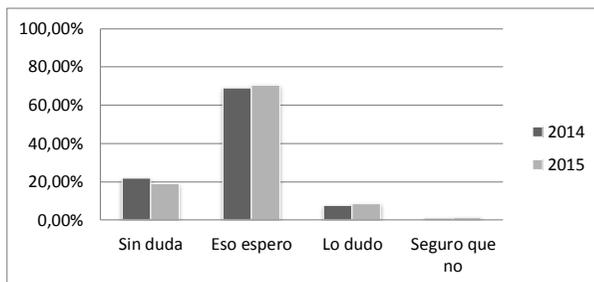
Gráfico 45. Motivación de los alumnos



Así las expectativas que los estudiantes tenían sobre el resultado de la asignatura también son bastante positivas, como se puede observar en el gráfico 46. El 20% creían que “Sin duda” el nuevo diseño de la asignatura iba a ayudarles a aprobarla y más del 60% tenían la esperanza de que así fuera. La interpretación que hacemos de estos resultados es que los alumnos han tenido mayor comprensión de la materia y ven la asignatura asequible para aprobarla.

PD14_18. ¿Crees que el nuevo diseño del seguimiento de la asignatura te va a ayudar a aprobarla?

Gráfico 46. Expectativas de resultados

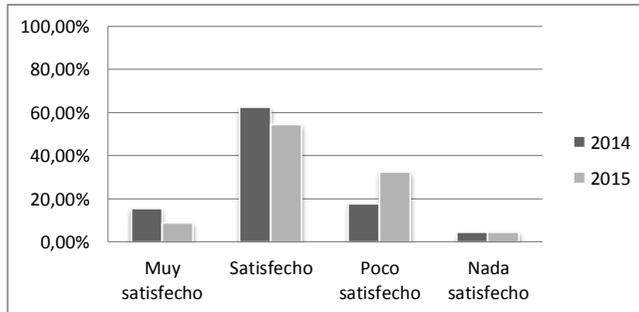


De manera general es conveniente saber el grado de satisfacción que han tenido los alumnos en el nuevo planteamiento de la asignatura. En el gráfico

47, se puede apreciar que más del 60%, se han encontrado “Satisfechos o Muy satisfechos” con el nuevo enfoque de la asignatura.

PD14_19. ¿Cuál es tu grado de satisfacción con el nuevo planteamiento de la asignatura?

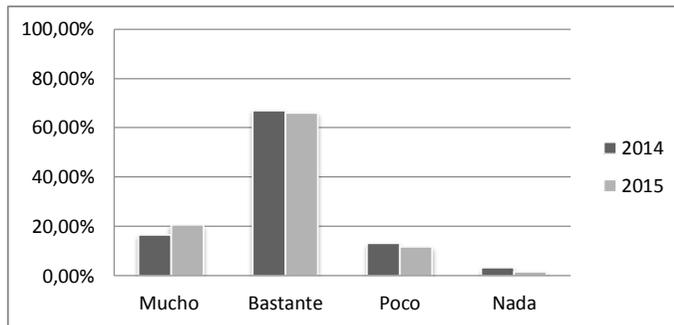
Gráfico 47. Satisfacción con el planteamiento de la asignatura



Uno de los grandes desafíos de la enseñanza universitaria es preparar a los profesionales futuros para desarrollar las actividades laborales de manera adecuada. En muchas ocasiones los alumnos están muy formados en la parte teórica que la práctica la dejan de lado. En este caso la tecnología BIM brinda la oportunidad de acercar la realidad profesional a la realidad virtual, mediante la simulación. En este sentido se les preguntó a los alumnos el grado de acercamiento de la asignatura a la realidad profesional y en el gráfico 48 se pueden observar los resultados. Más del 80% de los alumnos consideran que se acerca “Mucho o Bastante” a la realidad profesional.

PD_20. ¿Crees que el nuevo planteamiento de la asignatura se acerca a la realidad profesional?

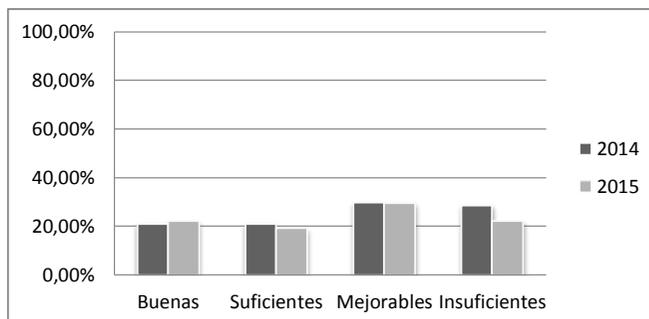
Gráfico 48. Similitud con la realidad profesional



Para iniciar a los alumnos en la tecnología BIM se dedicó una sesión de 5 horas, en las que se abordaron los conceptos principales de la metodología BIM y la presentación de la interfaz de la aplicación que debían usar. El resto de la formación ha sido autodidacta. Así en la encuesta se les pregunta a los alumnos sobre las explicaciones de BIM que el profesor ha realizado. En el gráfico 49, se pone en evidencia los resultados. El 30% de los alumnos consideran que las explicaciones del profesor pueden ser “Mejorables” y otro casi 30%, consideran que han sido “Insuficientes”.

PD_21. En referencia a BIM, ¿cómo han sido las explicaciones del profesor?

Gráfico 49. Explicaciones del profesor



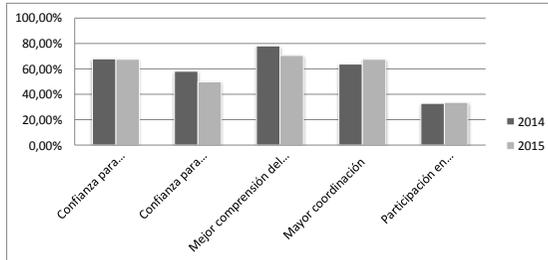
En la siguiente pregunta se hace referencia al beneficio personal que le aportará adquirir conocimientos BIM. Tal como se aprecia en la tabla 40 y el gráfico 50, el casi 80% de los alumnos consideran que el mayor beneficio es que les aporta “Mejor comprensión del proyecto”, en torno al 70% considera que le aportará mayor “Confianza para encontrar empleo a nivel nacional” y “Mayor coordinación”

PD14_23. ¿Qué beneficios cree que le proporcionará adquirir conocimientos sobre la tecnología BIM?

Tabla 40. Beneficios que aporta el aprendizaje de BIM

	Después 2014		Después 2015	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Confianza para encontrar empleo a nivel nacional	62	68,13%	46	67,65%
Confianza para encontrar empleo a nivel internacional	53	58,24%	34	50,00%
Mejor comprensión del proyecto	71	78,02%	48	70,59%
Mayor coordinación	58	63,74%	46	67,65%
Participación en proyectos internacionales	30	32,97%	23	33,82%

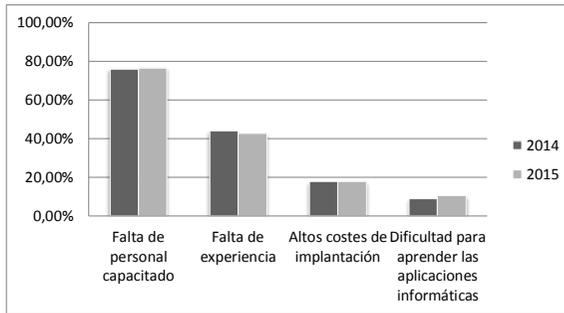
Gráfico 50. Beneficios que aporta el aprendizaje de BIM



Desde el punto de vista de los alumnos es preciso conocer cuáles son las principales dificultades para no implantar BIM en los estudios universitarios. En el gráfico 51, se observa que la mayor parte de los participantes alrededor del 75%, considera como la principal dificultad “Falta de personal capacitado”. Siendo ésta, la principal barrera encontrada en muchos de los estudios realizados a nivel internacional. Seguida de “Falta de experiencia” el 40% de los participantes. Quedando relegados a un segundo plano dificultades como los “Altos costes de implantación” y la “Dificultad para aprender aplicaciones informáticas”. “Falta de personal capacitado” Esta es una de las principales barreras consideradas por la literatura [145].

PD14_24. ¿Cuál cree que es la principal causa para no implantar la tecnología BIM en los planes de estudio actuales?

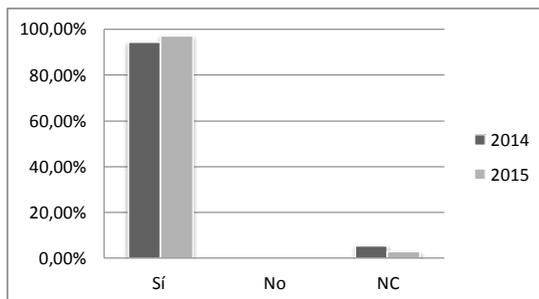
Gráfico 51. Barreras para implantar BIM en la universidad



Como punto y final se hace una pregunta referida al uso de las NTIC en la docencia universitaria. En el gráfico 52, se evidencia la respuesta afirmativa, con un 95% aproximadamente, de alumnos que “Sí” consideran importante un uso más extensivo de las NTIC en la universidad.

PD14_25. ¿Crees importante que las nuevas tecnologías se usen más en la docencia universitaria?

Gráfico 52. Uso de las NTIC en la docencia universitaria



4.4. ANÁLISIS DE LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS

El principal objetivo de este estudio es comprobar la influencia que tiene BIM en la adquisición de competencias genéricas por parte de los alumnos. Con este fin, en el cuestionario realizado antes de la formación BIM (esto es al inicio de la asignatura) se incluye una pregunta en la que se solicita a los alumnos que valoren en qué medida creen que la formación recibida les facilita la adquisición de cada una de las competencias seleccionadas. Tras la formación y uso de la tecnología BIM en el desarrollo de la asignatura, se vuelve a realizar otro cuestionario. En este se incluye una pregunta en la que se solicita al alumno que valore en qué medida cree que BIM puede potenciar cada una de las competencias genéricas, por las que se les preguntaba inicialmente. La selección de competencias se ha explicado en el apartado correspondiente.

Se comparan los libros blancos y planes de estudios de distintas universidades y titulaciones obteniendo como resultado 17 competencias genéricas que aparecen detalladas en la tabla 41. Se ha incluido una designación para facilitar el tratamiento de los datos. Las titulaciones tenidas en cuenta para el estudio han sido: Arquitectura, Ingeniería Industrial, Ingeniería de la Edificación e Ingeniería Civil, abarcando así las principales titulaciones que componen las actividades del sector AEC.

Tabla 41. Definición y designación de competencias

Denominación	Competencia	Definición/Igual significado	Criterio	Mención positiva
G01	Capacidad de análisis y síntesis	Reconocer y describir los elementos constitutivos de una realidad y proceder a organizar la información significativa según criterios preestablecidos adecuados a un	Extraer información	Ayuda

		propósito		
G02	Capacidad de organización y planificación	Determinar eficazmente los fines, metas, objetivos y prioridades de la tarea a desempeñar organizando las actividades, los plazos y los recursos necesarios y controlando los procesos establecidos.	Flujo de trabajo	Mejora
G03	Comunicación oral y escrita en la lengua nativa	la capacidad para transmitir conocimientos y expresar ideas y argumentos de manera clara, rigurosa y convincente, tanto de forma oral como escrita, utilizando los recursos gráficos y los medios necesarios adecuadamente y adaptándose a las características de la situación y de la audiencia	Comunicación	Facilita
G05	Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio	Conocimientos tecnológicos que le permitan desenvolverse cómodamente y así afrontar los retos que la sociedad le va a imponer en su quehacer profesional en permanente autoformación.	TIC	Mejora
G06	Capacidad de gestión de la información	buscar, seleccionar, ordenar, relacionar, evaluar/valorar información proveniente de distintas fuentes	Información	Facilita
G07	Resolución de problemas (=O peratividad)	Reconocer, describir, organizar y analizar los elementos constitutivos de un problema para idear estrategias que permitan obtener, de forma razonada, una solución contrastada y acorde a ciertos criterios preestablecidos.	Resolución	Facilita

G08	Toma de decisiones (=Ej ecutividad)	Análisis de un problema en el cual hay que elegir entre diversas alternativas con el fin de maximizar el valor esperado como resultado de la acción.	Decisiones	Ayuda
G09	Trabajo en equipo	Creación de grupos de personas que se reúnen, colaboran e interactúan de forma específica para un fin determinado (trabajo o proyecto). Estos grupos de personas generalmente cuentan con habilidades y conocimientos complementarios comprometidos con una responsabilidad en común.	Equipo	Facilita
G10	Trabajo en un equipo de carácter interdisciplinar		Integración disciplinas	Facilita
G12	Habilidades en las relaciones interpersonales	relacionarse positivamente con otras personas a través de una escucha empática y de la expresión clara y asertiva de lo que se piensa y/o siente, por medios verbales y no-verbales	Relaciones personales	
G14	Razonamiento crítico	Examinar y enjuiciar algo con criterios internos y externos de manera objetiva	Criterio	Mejora
G15	Compromiso ético	Actúa con integridad y rectitud ante cualquier situación, incluso en situaciones que desfavorecen sus propios intereses. Honestidad tanto en actividades académicas como en otros aspectos de la vida	Ética	Ayuda

G16	Aprendizaje autónomo	orientar su estudio y aprendizaje de modo cada vez más independiente, desarrollando iniciativa y responsabilidad de su propio aprendizaje	Autoaprendizaje	Facilita
G17	Adaptación a nuevas situaciones	Adaptarse a las situaciones cambiantes, modificando la conducta para integrarse, con versatilidad y flexibilidad.	Adaptación	Favorece
G18	Creatividad	Resolver de forma nueva y original situaciones o problemas en el ámbito de la ingeniería	Creatividad	
G19	Liderazgo	El arte de influir sobre la gente para que trabaje con entusiasmo en la consecución de objetivos en pro del bien común.	Liderazgo	Fomenta
G22	Motivación por la calidad	Planificar y realizar las actividades correctamente. Buscar la mejora de forma permanente en todo lo que se realiza.	Calidad	Mejora

⊙ **Resultados cuestionarios realizados ANTES de la formación BIM**

Comenzamos por los resultados obtenidos en el cuestionario inicial. En la tabla 42 se muestran los valores de frecuencia y porcentaje de alumnos que han elegido cada uno de los 4 niveles (Mucho, Bastante, Poco, Nada) en la escala para medir adquisición de las competencias aquí consideradas. Además se incluyen los estadísticos: Media, desviación estándar y mediana. La desviación típica da una idea de la dispersión de los datos. Analizando los valores de la media, que oscilan entre 2,67 (Sd=0,93) y 1,84 (Sd=0,74) vemos cómo los alumnos tienen una valoración en relación a la adquisición de competencias poco favorable durante su formación hasta el momento de realizar la encuesta que es previa a la formación BIM.

De hecho si nos fijamos en los valores de la mediana, de las 17 competencias consideradas en este estudio, tan solo 5 de ellas tienen una valoración de 3 puntos sobre 4, lo que significa que en estas competencias el 50% de los alumnos tienen una consideración algo más positiva. Estas 5 competencias son G_01. Capacidad de análisis y síntesis, G_02. Capacidad de organización y planificación, G_07. Resolución de problemas, G_14. Razonamiento crítico, G_17. Adaptación a nuevas situaciones.

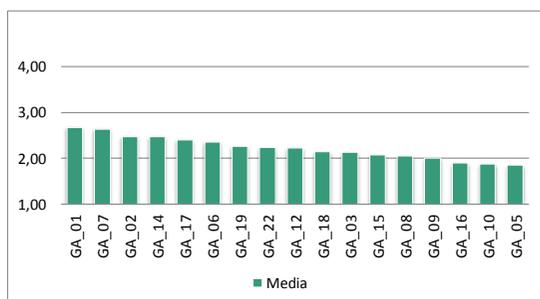
En cuanto a los porcentajes, hay que destacar la baja valoración que los alumnos tienen en relación con la adquisición de las competencias. El 84,43% de los alumnos coinciden en que han adquirido “Poco o Nada” “G_15. Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio”. Las competencias relativas al trabajo en equipo y trabajo en equipo interdisciplinar (G-09 y G_10), son consideradas por el 76,05% y 82,64%, respectivamente, que han sido alcanzadas “Poco o Nada”. La competencia G-16. Aprendizaje autónomo también es valorado de manera negativa por el 79% de los alumnos. Al igual que la G_08 Toma de decisiones en la el 71,85% consideran que su formación les ha ayudado a adquirirla “Poco o Nada”.

Tabla 42. Valoración de la adquisición de las competencias durante la formación

ANTES DE LA FORMACIÓN BIM											
	Mucho		Bastante		Poco		Nada		Media	Desv. Estándar	Mediana
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%			
GA_01	37	22,16%	55	32,93%	58	34,73%	17	10,18%	2,67	0,93	3,00
GA_02	17	10,18%	71	42,51%	53	31,74%	26	15,57%	2,47	0,88	3,00
GA_03	11	6,59%	38	22,75%	80	47,90%	38	22,75%	2,13	0,84	2,00
GA_05	4	2,40%	22	13,17%	85	50,90%	56	33,53%	1,84	0,74	2,00
GA_06	19	11,38%	54	32,34%	61	36,53%	33	19,76%	2,35	0,93	2,00
GA_07	32	19,16%	63	37,72%	51	30,54%	21	12,57%	2,63	0,93	3,00
GA_08	8	4,79%	39	23,35%	72	43,11%	48	28,74%	2,04	0,85	2,00
GA_09	13	7,78%	27	16,17%	74	44,31%	53	31,74%	2,00	0,89	2,00
GA_10	10	5,99%	19	11,38%	77	46,11%	61	36,53%	1,87	0,84	2,00
GA_12	4	2,40%	61	36,53%	71	42,51%	31	18,56%	2,23	0,77	2,00
GA_14	14	8,38%	72	43,11%	60	35,93%	21	12,57%	2,47	0,82	3,00
GA_15	11	6,59%	42	25,15%	62	37,13%	52	31,14%	2,07	0,91	2,00
GA_16	0	0,00%	35	20,96%	79	47,31%	53	31,74%	1,89	0,72	2,00
GA_17	10	5,99%	78	46,71%	48	28,74%	31	18,56%	2,40	0,86	3,00
GA_18	0	0,00%	60	35,93%	70	41,92%	37	22,16%	2,14	0,75	2,00
GA_19	8	4,79%	54	32,34%	78	46,71%	27	16,17%	2,26	0,78	2,00
GA_22	14	8,38%	38	22,75%	88	52,69%	27	16,17%	2,23	0,82	2,00

En el gráfico 53 se han colocado todas las competencias genéricas estudiadas según la media obtenida de la valoración que han realizado los alumnos. Con estos resultados se evidencia, que los alumnos tienen una consideración con tendencia negativa hacia la adquisición de competencias genéricas, durante la formación universitaria.

Gráfico 53. Ordenación competencias según el valor medio ANTES



Para comprobar si existía relación entre la consideración que han hecho los alumnos sobre las competencias y el curso académico en el que se ha realizado, se generan tablas de contingencia (tabla 43) de cada una de las competencias genéricas respecto al año, en todos los casos se ha obtenido un p-valor bastante mayor de 0,05, con lo que se concluye que la valoración de las competencias es independiente del curso académico en el que se ha realizado.

Tabla 43. Tabla de contingencia Curso académico-G_01

```

Salida
> local({
+   .Table <- xtabs(~Año+GA14_01, data=ANTES)
+   cat("\nFrequency table:\n")
+   print(.Table)
+   .Test <- chisq.test(.Table, correct=FALSE)
+   print(.Test)
+ })

Frequency table:
      GA14_01
Año  Bastante Mucho Nada Poco
curso2014      30   22   7   36
curso2015      25   15  10   22

      Pearson's Chi-squared test

data:  .Table
X-squared = 2.5686, df = 3, p-value = 0.463

```

⊙ Resultados cuestionarios realizados DESPUÉS de la formación BIM

En la tabla 44 se pone de manifiesto la consideración que tienen los alumnos de la tecnología BIM relacionado con la adquisición de competencias. Se muestran los valores de frecuencia y porcentaje obtenidos en la encuesta realizada a los alumnos tras finalizar la asignatura de Proyectos y por ende su formación en BIM. Examinado los valores de la media, se puede comprobar que son altos, varían entre 3,58 (Sd=0,61) y 2,48 (Sd=0,83), lo que indica que los alumnos tienen una valoración muy positiva sobre la influencia que ha tenido BIM en relación a la adquisición de competencias. En 12 de las 17 competencias estudiadas, la valoración de los alumnos ha sido que influye “Mucho o Bastante” en la adquisición de competencias. Con estos resultados

quedan cumplido el primer objetivo de la Tesis, influencia de BIM sobre la adquisición de competencias genéricas.

Prestando atención, en la misma tabla, a los datos de la mediana, vemos que todas excepto una, alcanzan valores entre 3 y 4. Esto indica que la mitad de los alumnos consideran que el uso de BIM influye en la adquisición de competencias “Mucho o Bastante”. La única que competencia en la que los alumnos consideran que BIM influye menos (Mediana=2), es G_03 Comunicación oral y escrita.

Hay que destacar que los porcentajes muestran que la mayoría de los alumnos consideran BIM una influencia positiva en la adquisición de competencias. En 11 de las 17 competencias estudiadas, más del 80% de los alumnos creen que la BIM influye “Mucho o Bastante” en la adquisición de competencias.

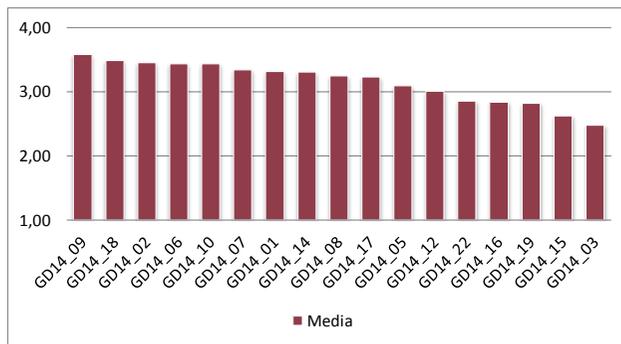
Tabla 44. Valoración de la adquisición de las competencias después de la formación BIM

DESPUÉS DE LA FORMACIÓN BIM											
	Mucho		Bastante		Poco		Nada		Media	Desv. Estándar	Mediana
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%			
GD_01	71	44,65%	68	42,77%	20	12,58%	0	0,00%	3,58	0,61	3
GD_02	77	48,43%	77	48,43%	5	3,14%	0	0,00%	3,48	0,65	3
GD_03	20	12,58%	51	32,08%	74	46,54%	14	8,81%	3,45	0,56	2
GD_05	46	28,93%	85	53,46%	25	15,72%	3	1,89%	3,43	0,68	3
GD_06	86	54,09%	56	35,22%	17	10,69%	0	0,00%	3,43	0,68	4
GD_07	82	51,57%	54	33,96%	19	11,95%	4	2,52%	3,35	0,79	4
GD_08	61	38,36%	78	49,06%	18	11,32%	2	1,26%	3,32	0,69	3
GD_09	102	64,15%	47	29,56%	10	6,29%	0	0,00%	3,31	0,74	4
GD_10	84	52,83%	62	38,99%	11	6,92%	2	1,26%	3,25	0,70	4
GD_12	40	25,16%	86	54,09%	27	16,98%	6	3,77%	3,23	0,71	3
GD_14	72	45,28%	67	42,14%	17	10,69%	3	1,89%	3,09	0,72	3
GD_15	28	17,61%	58	36,48%	59	37,11%	14	8,81%	3,01	0,76	3
GD_16	28	17,61%	83	52,20%	43	27,04%	5	3,14%	2,86	0,73	3
GD_17	60	37,74%	79	49,69%	17	10,69%	3	1,89%	2,84	0,74	3
GD_18	90	56,60%	57	35,85%	11	6,92%	1	0,63%	2,82	0,88	4
GD_19	39	24,53%	63	39,62%	47	29,56%	10	6,29%	2,63	0,88	3
GD_22	28	17,61%	84	52,83%	43	27,04%	4	2,52%	2,48	0,83	3

En el gráfico 54 se han ordenado todas las competencias genéricas estudiadas en nivel descendente según la media calculada. En el que se manifiesta

gráficamente los resultados que llevan a la conclusión de que el uso de la tecnología BIM tiene beneficios en el proceso de aprendizaje basado en la adquisición de competencias genérica en el entorno de la construcción. Las competencias en las que menos han influido los conocimientos de BIM han sido G_03, G_15, G_19, G_22, con un valor medio cercano a 3 puntos sobre 4, resultado muy positivo.

Gráfico 54. Ordenación competencias según el valor medio DESPUÉS



Al igual que se ha realizado en el apartado anterior se realizan tablas de contingencia para observar si existe relación entre la valoración de la influencia de BIM y el curso en el que se ha realizado. La siguiente tabla 45 es una muestra del análisis realizado para todas las competencias con respecto al curso académico. En el que al igual que ocurría en el apartado de antes de la formación BIM, no existe relación entre la valoración que ha tenido BIM sobre las competencias y los cursos académicos. El resultado de este análisis se ha realizado mediante el Test Chi-cuadrado, obteniendo en todos los caso un $p\text{-valor} > 0.05$.

Tabla 45. Tabla de contingencia Curso académico-G-14. Después

```
Salida
> local({
+   .Table <- xtabs(~Curso.académico+GD14_14, data=Despues)
+   cat("\nFrequency table:\n")
+   print(.Table)
+   .Test <- chisq.test(.Table, correct=FALSE)
+   print(.Test)
+ })

Frequency table:
          GD14_14
Curso.académico Bastante Mucho Nada Poco
curso2014         39    42    0    10
curso2015         28    30    3     7

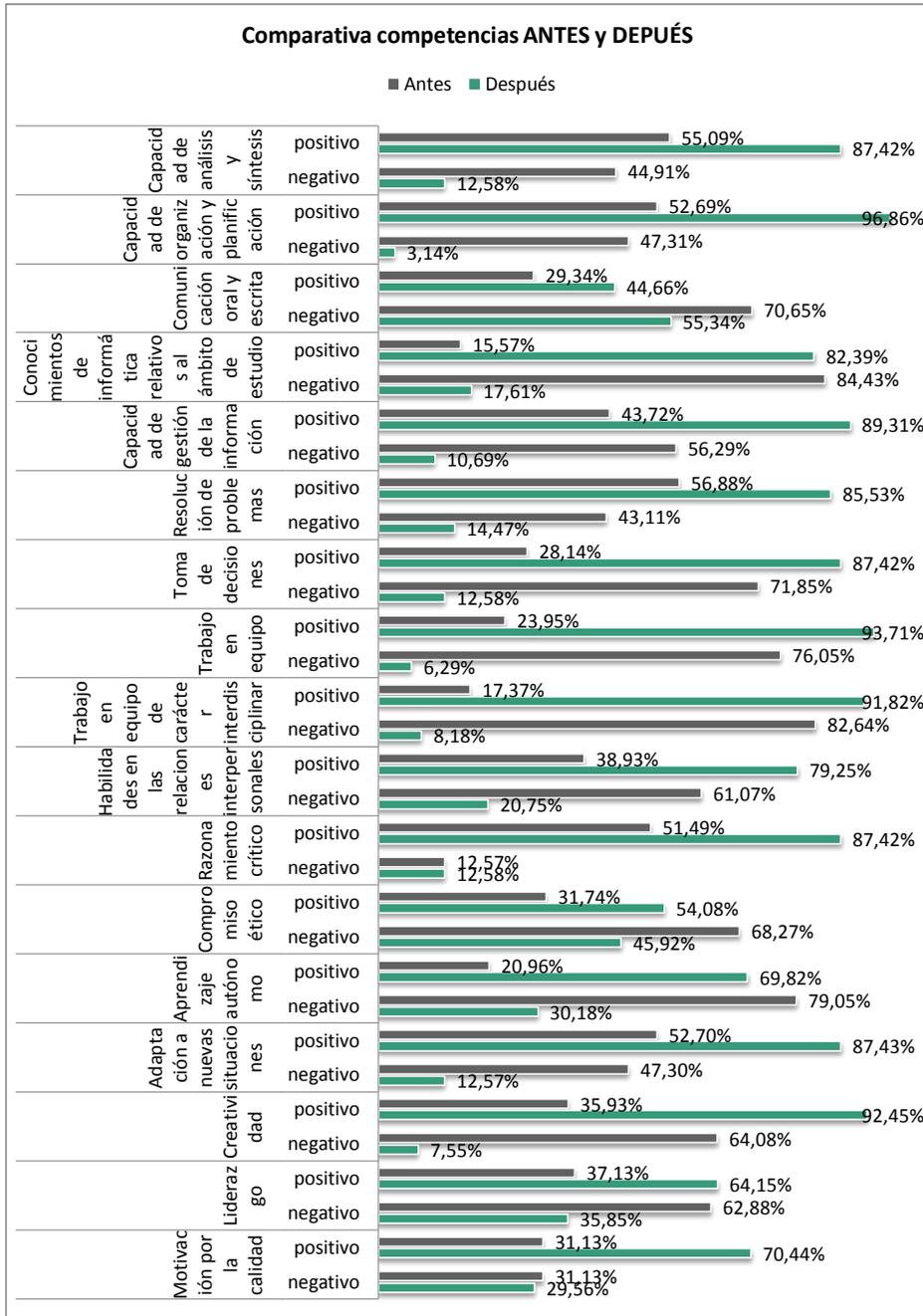
      Pearson's Chi-squared test

data:  .Table
X-squared = 4.094, df = 3, p-value = 0.2515
```

⊙ **Comparativa de la valoración de las competencias antes y después de la formación BIM**

En este apartado se ha dado respuesta a la principal pregunta de la investigación. ¿Son adecuadas para la docencia las herramientas BIM? De los resultados aquí obtenidos podemos afirmar que sí. Puesto que es una herramienta que además de otros beneficios, potencia la adquisición de competencias genéricas de los estudiantes, en los dos cursos en los que se ha puesto en práctica. En el gráfico siguiente se observan los porcentajes de la valoración realizada por los alumnos tanto antes como después. Observándose que el mayor impacto de BIM, ha sido sobre las competencias G-09 Trabajo en equipo, G-10 Trabajo en equipo de carácter interdisciplinar, G-18 Creatividad, G-05 Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio, G-08 Toma de decisiones, G06 Capacidad de gestión de la información. Atendiendo a la diferencia del valor medio Antes y Después de la formación BIM realizada por los alumnos.

Gráfico 55. Comparativa competencias ANTES y DESPUÉS



⊙ **Valoración EXPERTO sobre la influencia de BIM en la adquisición de competencias**

En este apartado se muestran los resultados de la valoración realizada por los profesores de la asignatura, en referencia a la influencia de BIM en la adquisición de competencias. Además se solicita la colaboración a unos 14 expertos en la implantación de BIM en la universidad de distintos países, en el momento de escribir esta tesis tan sólo responden 3. Esta valoración es de gran importancia y se puede tomar como referencia, debido a que son profesionales que lleva implantando BIM en las distintas universidades desde hace más de 6 años. La tabla 46 muestra su valoración de cuánto influye BIM en las competencias genéricas estudiadas.

Tabla 46. Ordenación competencias según Expertos

Competencias	Media	Desv.	Es Mediana
GD14_01	3,33	0,58	3
GD14_02	3,33	0,58	3
GD14_06	3,33	0,58	3
GD14_05	3,00	1,00	3
GD14_08	3,00	0,00	3
GD14_09	3,00	0,00	3
GD14_10	3,00	0,00	3
GD14_14	3,00	0,00	3
GD14_07	2,67	0,58	3
GD14_12	2,67	0,58	3
GD14_17	2,67	1,15	2
GD14_16	2,33	0,58	2
GD14_18	2,00	0,00	2
GD14_19	2,00	0,00	2
GD14_22	2,00	0,00	2
GD14_03	1,67	1,15	1
GD14_15	1,33	0,58	1

Los datos aquí mostrados revelan que BIM influye “Bastante” sobre 10 de las 17 competencias, esto es en casi el 60% de las aquí estudiadas. Lo cual ratifica la conclusión obtenida en el estudio realizado con los estudiantes, en la que afirmábamos que BIM se puede considerar que es adecuada como herramienta docente.

Estos expertos en la materia consideran que las competencias más potenciadas por BIM son G-01 Capacidad de análisis y síntesis, G-02 Capacidad de organización y planificación y G-06 Capacidad de gestión de la información.

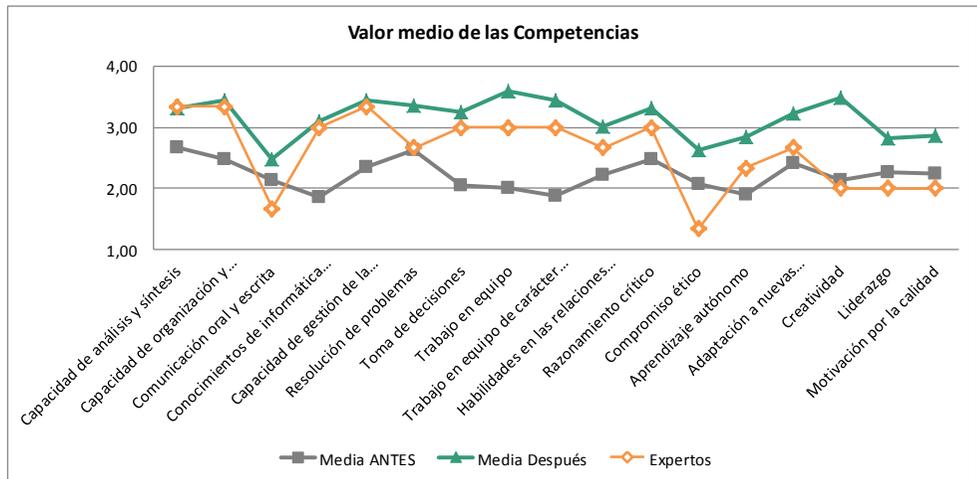
Y en las que los expertos consideran que el uso de BIM influye “Poco o Nada” son G-03, G-15, G-22, G-19, G-18, G-16 y G- 17 que coinciden en gran parte con la valoración realizada por los alumnos.

Existe una diferencia importante en la competencia G-18 Creatividad, puesto que en la valoración por los alumnos este resultado es muy positivo y sin embargo la valoración de los expertos es que BIM influye “Poco” en esta competencia.

⊙ **Comparativa general de la influencia de BIM en la adquisición de competencias**

En el siguiente gráfico 56, se aprecia cómo la media de la valoración de las competencias después de la formación BIM se sitúa claramente por encima de la media de las competencias antes de BIM. Por otro lado también se puede observar, que la valoración de los expertos sobre las competencias con menor influencia de BIM, se corresponde con los valores obtenidos por los alumnos después de la formación. Así concluimos que las competencias menos potenciadas por BIM son G-03 Comunicación oral y escrita, G-15 Compromiso ético, G-19 Liderazgo.

Gráfico 56. Comparativa general de la influencia de BIM en la adquisición de competencias



Por último, ya vimos en el apartado correspondiente que el estudio bibliográfico, de los casos en los que se ha implantado BIM en la universidad. Se obtuvo una ordenación de competencias según la valoración positiva que se hacía de estas, se muestra en la tabla 47.

Tabla 47. Ordenación de competencias según la bibliografía

Codificación	Nº caso positivos	%
G09	39	68,42
G07	32	56,14
G10	31	54,39
G03	24	42,11
G05	23	40,35
G06	21	36,84
G01	18	31,58
G02	15	26,32
G22	12	21,05
G08	11	19,3
G12	11	19,3
G16	10	17,54
G14	8	14,04
G17	7	12,28
G18	5	8,77
G15	1	1,75
G19	1	1,75

Si bien la escala de medida es distinta, esta ordenación nos puede dar una orientación para relacionar los datos obtenidos en el estudio. Las competencias G-15 y G-19 son consideradas tanto por los alumnos como por los expertos, en las que BIM puede influir menos. También son las que aparecen reflejadas en menos cantidad de estudios. Por el contrario, las competencias en las que BIM influye más y aparecen reflejadas en más número de estudios son G-09, G-10, G-06 y G-01.

4.5. ANÁLISIS DE LA ADQUISICIÓN DE HABILIDADES

Además de las competencias genéricas, la industria de la construcción demanda en los recién egresados, una serie de habilidades o destrezas, que se pone de manifiesto en la literatura de referencia. Por lo que también se les preguntó a los alumnos sobre la influencia de BIM para adquirir estas habilidades con mayor facilidad.

⊙ **Resultados cuestionarios habilidades ANTES de la formación BIM**

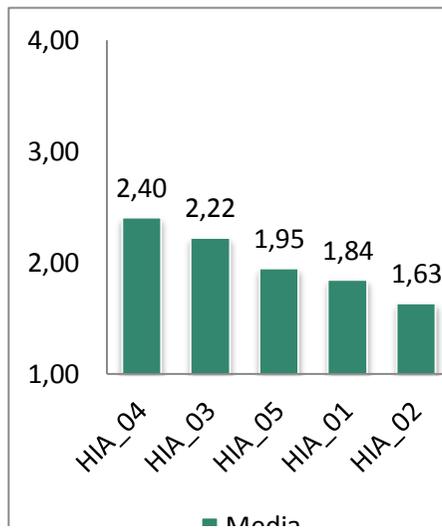
Los resultados mostrados en la tabla 48 son previos a la formación BIM los de alumnos. En ellos se refleja la valoración que hacen los alumnos sobre la adquisición de una serie de habilidades durante su formación universitaria. En general esta valoración vuelve a ser baja, con valores medios que oscilan entre $M=1,84$ ($Sd=0,70$) y $M=2,40$ ($0,86$) sobre una escala de 4 puntos. Los valores de la Mediana = 2 en todas las destrezas estudiadas, no indican que el 50% de los alumnos consideran que han adquirido “Poco” estas habilidades durante su formación.

Tabla 48. Habilidades ANTES

	Mucho		Bastante		Poco		Nada		Media	Desv. Estándar	Mediana
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%			
HIA_01	0	0,00%	30	17,96%	81	48,50%	56	33,53%	1,84	0,70	2,00
HIA_02	0	0,00%	15	8,98%	76	45,51%	76	45,51%	1,63	0,64	2,00
HIA_03	0	0,00%	57	34,13%	90	53,89%	20	11,98%	2,22	0,64	2,00
HIA_04	15	8,98%	64	38,32%	61	36,53%	27	16,17%	2,40	0,86	2,00
HIA_05	3	1,80%	30	17,96%	89	53,29%	45	26,95%	1,95	0,72	2,00

Prestando atención a los porcentajes, llama la atención que más del 60% de los alumnos tienen una valoración negativa sobre la adquisición de las habilidades HI-01 Detección de conflictos y coordinación y HI-02 Programación y visualización 4D. También cabe indicar que algo más del 50% consideran que la formación recibida ha influido “Mucho o Bastante” sobre habilidades como HI-03 Control de calidad y HI-04 Medición y estimación.

Gráfico 57. Ordenación habilidades según la valoración de los alumnos



La tabla 49, muestra un fragmento del estudio que se ha llevado a cabo para ver si las variables habilidades estaban relacionadas con el factor curso académico. Se ha realizado mediante tablas de contingencia, realizando el Test Chi-cuadrado. Con los resultados obtenidos $p\text{-valor} > 0,05$, se concluye que la valoración de los alumnos no dependía del curso académico.

Tabla 49. Tabla de contingencia curso académico vs HIA-01. Antes

```
Salida
> local({
+   .Table <- xtabs(~Año+HIA14_01, data=ANTES)
+   cat("\nFrequency table:\n")
+   print(.Table)
+   .Test <- chisq.test(.Table, correct=FALSE)
+   print(.Test)
+ })

Frequency table:
      HIA14_01
Año      Bastante Nada Poco
curso2014      20   26   49
curso2015      10   30   32

      Pearson's Chi-squared test

data:  .Table
X-squared = 4.097, df = 2, p-value = 0.1289
```

⊙ **Resultados cuestionarios habilidades DESPUÉS de la formación BIM**

Al igual que ocurría con las competencias, en el cuestionario facilitado a los alumnos se incluye un apartado referente a un conjunto de habilidades requeridas por la industria. En la tabla 50 se presentan los resultados.

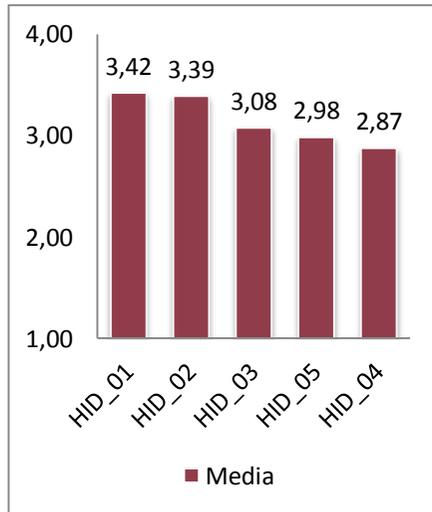
En esta ocasión el valor medio obtenido de las habilidades o destrezas estudiadas varía entre 3,42 (Sd=0,58) y 2,87 (Sd=0,68) en una escala de 4 puntos. Esto indica que BIM ha tenido una influencia en estos 5 ítems positiva. De hecho los valores de la Mediana=3, lo que significa que el 50% de los alumnos consideran que BIM facilita “Bastante” el logro de estas habilidades.

Si observamos los porcentajes, observamos que entre el 95,60% y 70,44% de los participantes, considera un efecto positivo importante de BIM sobre las habilidades consideradas.

Tabla 50. Habilidades DESPUÉS

	Mucho		Bastante		Poco		Nada		Media	Desv. Estándar	Mediana
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%			
HID_01	73	45,91%	79	49,69%	7	4,40%	0	0,00%	3,42	0,58	3
HID_02	75	47,17%	71	44,65%	13	8,18%	0	0,00%	3,39	0,64	3
HID_03	47	29,56%	77	48,43%	35	22,01%	0	0,00%	3,08	0,72	3
HID_04	27	16,98%	85	53,46%	46	28,93%	1	0,63%	2,87	0,68	3
HID_05	39	24,53%	81	50,94%	36	22,64%	3	1,89%	2,98	0,74	3

Gráfico 58. Valor medio de la influencia de BIM sobre las habilidades



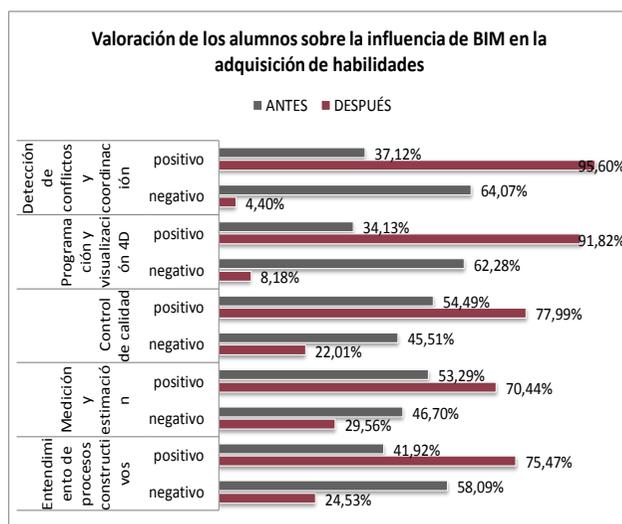
⊙ **Comparativa habilidades ANTES –DESPUÉS de la formación BIM**

Los resultados se muestran en la tabla 51 y el gráfico 59. De los datos obtenidos se desprende la gran influencia de BIM en estas habilidades, los alumnos han considerado en todos los casos que BIM puede influir “Mucho o Bastante” en esas destrezas. Destacan con un 95,60% y un 91,82% de los alumnos que consideran que BIM influye de manera positiva sobre “Detección de conflictos y coordinación” y “Programación y visualización 4D”, respectivamente.

Tabla 51. Influencia de BIM en la adquisición de habilidades

		ANTES	DESPUÉS
[Detección de conflictos y coordinación]	Mucho	0,00%	45,91%
	Bastante	17,96%	49,69%
	Poco	48,50%	4,40%
	Nada	33,53%	0,00%
[Programación y visualización 4D]	Mucho	0,00%	47,17%
	Bastante	8,98%	44,65%
	Poco	45,51%	8,18%
	Nada	45,51%	0,00%
[Control de calidad]	Mucho	0,00%	29,56%
	Bastante	34,13%	48,43%
	Poco	53,89%	22,01%
	Nada	11,98%	0,00%
[Cuantificación y estimación]	Mucho	8,98%	16,98%
	Bastante	38,32%	53,46%
	Poco	36,53%	28,93%
	Nada	16,17%	0,63%
[Entendimiento de procesos constructivos]	Mucho	1,80%	24,53%
	Bastante	17,96%	50,94%
	Poco	53,29%	22,64%
	Nada	16,95%	1,89%

Gráfico 59. Influencia de BIM en las habilidades



⊙ **Valoración EXPERTOS sobre la influencia de BIM en la adquisición de competencias**

En este apartado se incluye la valoración de los expertos, en referencia a la influencia de BIM sobre el conjunto de habilidades de estudio. La tabla 52 ofrece esos datos. Vemos que la mayor influencia coincide con la realizada por los alumnos sobre las destrezas HI-01 y HI-02. Los expertos consideran que en las habilidades HI-04 y H-05, también influye bastante el uso de BIM. Sin embargo, para la adquisición de la habilidad HI-03, consideran que BIM tiene una influencia más moderada. .

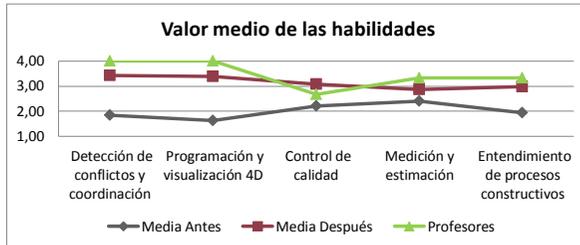
Tabla 52. Valoración experto

TodasProfesores				
Habilidades		Media	Sd	Mediana
Detección de conflictos y coordinación	HID_01	4,00	0,00	4
Programación y visualización 4D	HID_02	4,00	0,00	4
Control de calidad	HID_03	2,67	0,58	3
Medición y estimación	HID_04	3,33	0,58	3
Entendimiento de procesos constructivos	HID_05	3,33	0,58	3

⊙ **Comparativa general de la influencia de BIM en el logro de habilidades**

En el gráfico 60 se observa lo que se ha indicado en los apartados anteriores en referencias a las habilidades en las que el uso de BIM puede influir más, pero también se puede observar que en las habilidades en las que los alumnos consideran que la influencia de BIM es menor es en HI-03 y HI-04.

Gráfico 60. Comparativa general habilidades



4.6. ANÁLISIS CUALITATIVO DEL ESTUDIO

Respecto al apartado cualitativo de la encuesta, se puede observar que se ha recabado esta información a través de una serie de preguntas abiertas, esto es sin ninguna opción o categoría a elegir. Con ello se pretende que el encuestado responda o exponga libremente su opinión.

En este apartado se analizan las respuestas de los alumnos a las preguntas abiertas, para contribuir a obtener conclusiones más consistentes en el estudio.

Se indican una serie de ventajas que se observan en el uso docente de BIM:

- Se emplean elementos constructivos. No se dibuja, se modela en 3D.
- Se puede usar sin saber expresión gráfica
- El uso de software actuales motiva al alumno y al profesor
- Aporta precisión y facilidad de cálculo
- Aporta rapidez y velocidad en las tareas repetitivas de dibujo

- Facilita acciones de modificaciones y correcciones
- Disminuyen los errores de documentación
- Se emplean elementos paramétricos
- Mayor facilidad para la visualización espacial
- Mejora la gestión de la documentación
- Facilita la comunicación entre los participantes
- Potencia el trabajo en equipo, colaborativo y facilita la interdisciplinariedad
- Permite una docencia interactiva
- Aporta motivación en el aula
- Permite realizar distintos análisis sin tener que volver a realizar el modelo
- Ayuda a adquirir otra serie de competencias

Por otro lado, se pueden señalar algunos de los inconvenientes encontrados

- Falta de conocimiento de las herramientas y por ende de la Metodología BIM
- Resistencia a su uso generalizado por los profesores
- Falta de formación temprana de herramientas BIM
- Frustración de los alumnos por la curva de aprendizaje del software

Sin embargo, incluso con los inconvenientes encontrados durante el desarrollo del nuevo planteamiento de la asignatura, los resultados han sido muy positivos. Estos resultados son avalados por el nivel de calidad de los trabajos de los alumnos y por la valoración del profesorado.

experiencia diferente, gran experiencia”....estos son algunos de los calificativos con los aparece. Lo que nos muestra una vez más que aunque haya cosas que deben mejorar, el nuevo planteamiento de la asignatura satisface a los alumnos, además de a los profesores.

Gráfico 63. Wordcloud, de la opinión general de la experiencia



4.7. ANÁLISIS DE LAS RELACIONES ENTRE LAS VARIABLES

Para realizar este estudio se han realizado las tablas de contingencias, mediante el software R-project, correspondientes a algunas de las variables de estudio. Se aplica el test Chi-cuadrado para estudiar la posible asociación entre variables. Mediante la realización de este test, se obtiene el p-valor, que cuando toma valores menores de 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H₀), de independencia entre las variables.

Es necesario comprobar el número mínimo en la frecuencia esperada, pues en caso de valores menores a 5 en más de un 25% en la tabla, no se deben

dar por buenos los valores aportados por el chi-cuadrado de Pearson. En esos casos se realizará la prueba exacta de Fisher, pues admite frecuencias menores que 5 en las frecuencias esperadas de las tablas de contingencia.

A continuación se indican los resultados y la interpretación de los mismos.

➤ Análisis de contingencias por Género

Se ha llevado a cabo este análisis para comprobar la existencia de alguna asociación significativa entre las variables del cuestionario y el sexo de los sujetos de la muestra estudiada. Tras el análisis de los resultados obtenidos, se observa que no existe una asociación significativa entre el género y los ítems que forman el cuestionario. Cabe indicar que tan sólo se ha registrado una asociación significativa, con un nivel de confianza del 95%, en los siguientes ítems:

Respecto a la influencia de BIM sobre la adquisición de competencias se han encontrado relación con el género en sólo 3 de las 17 estudiadas.

De manera concisa se pueden interpretar que las mujeres creen que BIM influye de manera más contundente en la adquisición de las competencias GD_05 y GD_06. Al contrario de los que ocurre en la competencia GD_09, en la que los hombres destacan una mayor influencia de la tecnología en estudio. Se detallan a continuación las tablas de contingencias de cada una de ellas.

GD_05. Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio

```
Salida
+ .test <- chisq.test(.Table, correct=FALSE)
+ print(.Test)
+ print(fisher.test(.Table))
+ })

Frequency table:
      GD_05
PD_01  Bastante Mucho Nada Poco
Hombre      70     39     1    24
Mujer       15      7     2     1

Row percentages:
      GD_05
PD_01  Bastante Mucho Nada Poco Total Count
Hombre    52.2   29.1   0.7 17.9   99.9   134
Mujer     60.0   28.0   8.0  4.0 100.0    25

      Pearson's Chi-squared test

data:  .Table
X-squared = 8.7147, df = 3, p-value = 0.03333
```

GD_06. Capacidad de gestión de la información

```
Row percentages:
      GD_06
PD_01  Bastante Mucho Poco Total Count
Hombre    30.6   57.5 11.9   100   134
Mujer     60.0   36.0  4.0   100    25

      Pearson's Chi-squared test

data:  .Table
X-squared = 8.2086, df = 2, p-value = 0.0165

      Fisher's Exact Test for Count Data

data:  .Table
p-value = 0.02385
alternative hypothesis: two.sided
```

GD_09. Trabajo en equipo

```

Row percentages:
      GD_09
PD_01  Bastante Mucho Poco Total Count
  Hombre      32.8  62.7  4.5   100   134
  Mujer       12.0  72.0 16.0   100    25

      Pearson's Chi-squared test

data: .Table
X-squared = 7.8269, df = 2, p-value = 0.01997

      Fisher's Exact Test for Count Data

data: .Table
p-value = 0.02052
alternative hypothesis: two.sided

```

PD_18. ¿Crees que el nuevo diseño de la asignatura te va a ayudar a aprobar?

```

Row percentages:
      PD_18
PD_01  Eso espero Lo dudo Seguro que no Sin duda Total Count
  Hombre      65.7    9.7          0.7   23.9   100   134
  Mujer       92.0    0.0          4.0    4.0   100    25

      Pearson's Chi-squared test

data: .Table
X-squared = 10.303, df = 3, p-value = 0.01616

      Fisher's Exact Test for Count Data

data: .Table
p-value = 0.008089
alternative hypothesis: two.sided

```

Tal como se puede observar en la tabla anterior las expectativas sobre el resultado de las calificaciones finales sí varía entre hombres y mujer. Un porcentaje muy elevado de mujeres (92%) tiene la esperanza de que el nuevo plantemiento les ayude a aprobar la asignatura frente al porcentaje de hombre (65.7%). Sin embargo, la seguridad de obtener buen resultado con este plantemiento la muestran en mayor porcentaje los hombres, un 24% opinan que “Sin duda” frente al 4% de mujeres.

PD_19. ¿Cuál es tu grado de satisfacción con el nuevo planteamiento de la asignatura?

```
Row percentages:
      PD_19
PD_01  Muy satisfecho Nada satisfecho Poco satisfecho Satisfecho Total Count
Hombre      14.9           2.2           23.9           59    100    134
Mujer       0.0           16.0           24.0           60    100    25

      Pearson's Chi-squared test

data: .Table
X-squared = 12.798, df = 3, p-value = 0.005094

      Fisher's Exact Test for Count Data

data: .Table
p-value = 0.007734
alternative hypothesis: two.sided
```

En la tabla anterior se expone, que el porcentaje de mujeres (40%) que están "Poco o Nada Satisfechas" con el planteamiento de la asignatura es bastante mayor que el de los hombres (26%).

➤ Análisis de contingencias por Curso académico

En relación a los resultados obtenidos, en este apartado se considera que no existen diferencias significativas entre las respuestas de los alumnos de los dos cursos académicos en los que se ha realizado la encuesta. Sirva como ejemplo la satisfacción con el nuevo planteamiento de la asignatura, se muestra a continuación la tabla de contingencia correspondiente. En este caso se obtiene un p-valor > 0.05, lo cual indica que las variables son independientes.

```
Salida
> with(vablefactor, Barplot(GD_06, by=PA_01, style="parallel", legend.pos="top", xlab="GD_06", ylab="Frequency"))
> local({
+ .Table <- xtabs(~Curso.académico.DES+PD_19, data=vablefactor)
+ cat("\nFrequency table:\n")
+ print(.Table)
+ cat("\nRow percentages:\n")
+ print(rowPercents(.Table))
+ .Test <- chisq.test(.Table, correct=FALSE)
+ print(.Test)
+ print(fisher.test(.Table))
+ })
```

```

Row percentages:
      PD_19
Curso.académico.DES Muy satisfecho Nada satisfecho Poco satisfecho Satisfecho Total Count
curso2014                15.4                4.4                17.6                62.6        100    91
curso2015                8.8                4.4                32.4                54.4        100    68

Pearson's Chi-squared test

data: .Table
X-squared = 5.33, df = 3, p-value = 0.1492

```

➤ Análisis de contingencias según *Uso de herramientas CAD 3D*

Como era de esperar el estudio de las tablas de contingencias del uso de herramientas CAD 3D (antes de la formación), muestran que existe relación con los alumnos que tienen conocimientos previos de herramientas BIM y con la predisposición a aprender nuevos software.

```

Salida
Column percentages:
      PA_13
PA_09 Algo/Bastante Nada Poco
NC          6.7    5.0    7.0
No          6.7   48.8   35.1
Sí          86.7   46.2   57.9
Total       100.1  100.0  100.0
Count       30.0   80.0   57.0

Pearson's Chi-squared test

data: .Table
X-squared = 17.084, df = 4, p-value = 0.001861

```

```

Salida
Column percentages:
      PA_19
PA_09 Algo/Bastante Mucho Nada Poco
NC          0.0    5.4    0   50.0
No          51.6   33.3  100  16.7
Sí          48.4   61.2    0   33.3
Total       100.0   99.9  100  100.0
Count       31.0  129.0    1    6.0

Pearson's Chi-squared test

data: .Table
X-squared = 27.382, df = 6, p-value = 0.0001228

```

- Otras relaciones tras el estudio de las tablas de contingencia
 - El haber escuchado hablar de BIM (PA_12), está relacionada con tener conocimientos BIM (PA_13) y con una actitud positiva para aprender nuevos software (PA_19).
 - A su vez el tener conocimientos de herramientas BIM (PA_13) se relaciona con la necesidad de que se produzca una evolución tecnológica en la universidad (PA_16). Además se ha hallado relación entre esta última variable y la predisposición a aprender nuevos software (PA_19) y la actitud con la que los alumnos han afrontado las clases (PD_17).
 - La variable PD_07. Grado de dificultad que te ha supuesto el aprendizaje del software está relacionado con PD_11. Necesidad de que BIM se incorpore a los planes de estudio y PD_19. Grado de satisfacción con el planteamiento de la asignatura.

```
Salida
```

PD_07	PD_19			
	Muy satisfecho	Nada satisfecho	Poco satisfecho	Satisfecho
Difícil	35	71.4	68.4	45.7
Fácil	45	14.3	21.1	50.0
Muy difícil	10	14.3	10.5	4.3
Muy Fácil	10	0.0	0.0	0.0
Total	100	100.0	100.0	100.0
Count	20	7.0	38.0	94.0

Pearson's Chi-squared test

data: .Table
X-squared = 27.615, df = 9, p-value = 0.001106

Como se puede ver en la tabla anterior a los alumnos que están "Poco o Nada Satisfechos" con la asignatura el aprendizaje del software les ha resultado "Difícil o Muy difícil".

- La variable PD_09. Tiempo dedicado al aprendizaje del software, está relacionada con PD_11. Necesidad de que BIM se incorpore a los planes de estudio, PD_12. Curso para implementar la enseñanza

BIM, PD_17. Actitud con la que afronta las clases y PD_19. Grado de satisfacción con el planteamiento de la asignatura.

- La variable PD_11. Necesidad de que BIM se incorpore a los planes de estudio, según muestra el análisis de las tablas de contingencia realizadas, existe relación con las variables PD_12. Curso para implementar la enseñanza BIM, Actitud con la que afronta las clases, PD_19. Grado de satisfacción con el planteamiento de la asignatura y PD_20. Similitud con la práctica profesional. A continuación se muestra un ejemplo del estudio de esta variable, en la que se observa que más de la mitad de los alumnos que consideran que es necesario incorporar la tecnología BIM en los planes de estudio es apropiado que se haga en los cursos 1º o 2º.

```
Salida
+ })

Frequency table:
          PD_12
PD_11    1º 2º 3º 4º Posgrado Postgrado
Indiferente  4  4  2  2         0         0
No           2  0  0  0         2         1
Sí          43 45 37 17         0         0

Total percentages:
          1º  2º  3º  4º Posgrado Postgrado Total
Indiferente  2.5  2.5  1.3  1.3         0.0         0.0  7.5
No           1.3  0.0  0.0  0.0         1.3         0.6  3.1
Sí          27.0 28.3 23.3 10.7         0.0         0.0 89.3
Total       30.8 30.8 24.5 11.9         1.3         0.6 100.0

          Pearson's Chi-squared test

data:  .Table
X-squared = 96.66, df = 10, p-value = 2.534e-16
```

- PD_12. Curso para implementar la enseñanza BIM según las tablas de contingencia realizadas se obtiene una relación significativa con respecto a PD_19. Grado de satisfacción con el planteamiento de la asignatura y a PD_20. Similitud con la práctica profesional.

Se observa en la tabla siguiente que los alumnos menos satisfecho con el planteamiento de la asignatura indican claramente que es necesario que se implemente BIM en 1º.

```

Column percentages:
      PD_19
PD_12  Muy satisfecho Nada satisfecho Poco satisfecho Satisfecho
1º          30          71.4          28.9          28.7
2º          25           0.0          34.2          33.0
3º          35           0.0          23.7          24.5
4º          10          14.3          10.5          12.8
Postgrado    0           0.0           2.6           1.1
Postgrado    0          14.3           0.0           0.0
Total        100        100.0          99.9          100.1
Count        20          7.0          38.0          94.0

      Pearson's Chi-squared test

data: .Table
X-squared = 32.076, df = 15, p-value = 0.006287
    
```

- La variable PD_16. ¿Cómo crees que se ha estructurado la asignatura?, tras el análisis de las tablas de contingencia se observa relación con PD_19. Grado de satisfacción con el planteamiento de la asignatura y PD_21. Valoración de las explicaciones del profesor en referencia al software BIM empleado.

Es evidente que la opinión sobre cómo se ha estructurado la asignatura está relacionada con las explicaciones del profesor, en la siguiente tabla se observa que los más de la mitad de los alumnos que creen que la asignatura se ha estructurado mal, indican que las explicaciones del profesor han sido insuficientes o mejorables.

```

Row percentages:
      PD_21
PD_16  Buenas Insuficientes Mejorables Suficientes Total Count
  Bien    28.8      23.7      30.5      16.9  99.9    59
  Mal     3.7       55.6      37.0       3.7 100.0    27
  Muy Bien 12.5      31.2      12.5      43.8 100.0    16
  Regular 24.6      14.0      36.8      24.6 100.0    57

      Pearson's Chi-squared test

data: .Table
X-squared = 30.095, df = 9, p-value = 0.0004227

```

- La variable PD_17. Actitud con la que afronta las clases, se relaciona con PD_19. Grado de satisfacción con el planteamiento de la asignatura. Se observa de manera muy evidente que los alumnos más satisfechos afrontan las clases con motivación en su mayor parte, al igual que los que menos satisfechos están con la experiencia afrontan las clase con frustración.

```

Column percentages:
      PD_19
PD_17  Muy satisfecho Nada satisfecho Poco satisfecho Satisfecho
  Con desgana           0           0.0           5.3           5.3
  Con frustración       5          85.7          28.9           2.1
  Con ilusión y motivación 80           0.0          60.5          80.9
  Por obligación        15          14.3           5.3          11.7
  Total                 100         100.0         100.0         100.0
  Count                 20           7.0           38.0          94.0

      Pearson's Chi-squared test

data: .Table
X-squared = 56.839, df = 9, p-value = 5.426e-09

```

- La variable PD_18 Expectativa sobre el resultado final de las calificaciones está relacionada con PD_19. Grado de satisfacción con el planteamiento de la asignatura, PD_20. Similitud con la práctica profesional y PD_21. Valoración de las explicaciones del profesor en referencia al software BIM empleado.

La siguiente tabla de contingencia muestra la relación entre el grado de satisfacción de la experiencia y la expectativa sobre las calificaciones. Se observa que los alumnos más satisfechos (55%) no tienen duda del nuevo planteamiento de la asignatura les va a ayudar a aprobarla.

```

Column percentages:
              PD_19
PD_18      Muy satisfecho Nada satisfecho Poco satisfecho Satisfecho
Eso espero          45          71.4          81.6          70.2
Lo dudo              0           0.0          15.8           7.4
Seguro que no        0          14.3           0.0           1.1
Sin duda            55          14.3           2.6          21.3
Total               100         100.0         100.0         100.0
Count              20           7.0           38.0          94.0

          Pearson's Chi-squared test

data: .Table
X-squared = 35.156, df = 9, p-value = 5.593e-05
    
```

- La variable PD_19. Grado de satisfacción con el planteamiento de la asignatura se relaciona con las variables PD_20. Similitud con la práctica profesional y PD_21. Valoración de las explicaciones del profesor en referencia al software BIM empleado.

En la siguiente tabla se muestra que el 84% de los alumnos que están satisfechos o muy satisfechos con la experiencia, consideran que las explicaciones del profesor han sido buenas. Y el 50% de los que consideran las explicaciones insuficientes, se encuentran poco o nada satisfechos con el nuevo planteamiento de la asignatura

```

Column percentages:
              PD_21
PD_19      Buenas Insuficientes Mejorables Suficientes
Muy satisfecho  23.5          9.5          9.8          9.4
Nada satisfecho  0.0           7.1          3.9          6.2
Poco satisfecho 14.7          42.9         21.6         12.5
Satisfecho      61.8          40.5         64.7         71.9
Total           100.0         100.0         100.0         100.0
Count           34.0          42.0          51.0          32.0

          Pearson's Chi-squared test

data: .Table
X-squared = 19.648, df = 9, p-value = 0.02021
    
```

➤ Análisis H de KRUSKAL-WALLIS

El test Kruskal-Wallis, es la alternativa no paramétrica al test ANOVA. En él se contrasta la hipótesis nula de igualdad de medianas (H_0), con un nivel de significación del 95%, se rechazará la hipótesis nula para valores de p -valor < 0.05 .

Tras realizar el estudio de todas las variables respecto a la influencia de BIM en la adquisición de competencias genéricas, se exponen de manera resumida los resultados obtenidos.

Existen diferencias estadísticamente significativas entre PD_07. Grado de dificultad que te ha supuesto el aprendizaje del software y la adquisición de competencias GD_05, GD_19 y GD_22.

Entre PD_11 Necesidad de incorporar BIM en los planes de estudio y la adquisición de competencias GD_01, GD_05, GD_07, GD_08, GD_09, GD_12, GD_14, GD_15, GD_16, GD_17, GD_18, GD_19 y GD_22. Existe una relación estadísticamente significativa, en la que los alumnos que consideran necesario que se incorpore BIM en el plan de estudios, cree que BIM influye mucho o bastante en la adquisición de 13 de las 17 competencias estudiadas. En la imagen siguiente se muestra un ejemplo del test realizado y el valor p -valor.

```
> with(vblenumfact, tapply(GD_01, PD_11, median, na.rm=TRUE))
Indiferente      No      Sí
           3           3           3

> kruskal.test(GD_01 ~ PD_11, data=vblenumfact)

      Kruskal-Wallis rank sum test

data:  GD_01 by PD_11
Kruskal-Wallis chi-squared = 7.9462, df = 2, p-value = 0.01881
```

La otra variable que tiene relación estadísticamente significativa de la influencia de BIM en la adquisición de 9 de las 17 competencias estudiadas es PD_19. Grado de satisfacción con el planteamiento.

Las competencias son GD_01, GD_02, GD_03, GD_06, GD_09, GD_10, GD_14, GD_15, GD_16.

Otros factores que intervienen en la valoración que hacen los estudiantes sobre la influencia de BIM en la adquisición de competencias han sido en menor medida: PD_17. Actitud con la que afronta las clases (competencias GD_05, GD_12, GD_14, GD_15 PD_18) y PD_20 Similitud con la práctica profesional (competencias GD_06, GD_08, GD_10, GD_17).

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Toda investigación tiene como consecuencia la obtención de una serie de conclusiones que son avaladas por los resultados conseguidos durante el proceso de indagación. Estas conclusiones persiguen dar respuesta a las cuestiones planteadas al principio del estudio. En este caso se presentan las respuestas a las siguientes preguntas de investigación: ¿Se puede considerar BIM como herramienta didáctica adecuada? ¿Mejora BIM la adquisición de competencias genéricas?

El primer apartado de este capítulo, contiene una síntesis general de los resultados obtenidos, en él se van a exponer las principales conclusiones que aporta este trabajo.

Los siguientes apartados contienen conclusiones más concretas que dan respuesta a cada uno de los objetivos propuestos en el Capítulo 1.

Por último, se proponen algunas de las muchas líneas de investigación futura posibles. Con la pretensión de que esta tesis doctoral sirva de punto de partida para otros trabajos de investigación.

5.1 CONCLUSIONES GENERALES

Con este trabajo se pretende dar a conocer los motivos por los cuales las nuevas tecnologías se están imponiendo a un ritmo cada vez mayor en la industria AEC. Las exigencias del sector de la construcción son cada vez mayores, por esto es necesaria la implantación de nuevas metodologías de trabajo como BIM, que permitan afrontar los nuevos retos constructivos, con garantías de éxito económico y calidad. De esta manera se aprovechan todos los beneficios que las nuevas tecnologías pueden aportar a este sector.

Por lo demás, existen hoy en día otras carencias que pueden verse superadas en el futuro, a medida que se vayan desarrollando investigaciones en este ámbito, ayudado además de los resultados de casos prácticos, en los que se irán descubriendo todas y cada una de las deficiencias de estas aplicaciones (como puede ser el intercambio de información con otras aplicaciones – interoperabilidad-).

Con el tiempo los procesos y las herramientas BIM se convertirán en la corriente principal de los enfoques del mercado AEC, la demanda de profesionales cualificados BIM está aumentando ya constantemente y de forma exponencial, como se ha visto con los datos mostrados.

La falta de personal con habilidades Building Information Modeling (BIM) es el obstáculo más significativo para retrasar el uso de la tecnología en la arquitectura, la ingeniería y la industria de la construcción. Y a la vez la principal barrera indicada para implantar el uso de BIM en los estudios universitarios

El uso de las “Nuevas Tecnologías” en la docencia universitaria debe imponerse con gran implicación por parte de los profesores y de los alumnos. Introducir cambios en los planes de estudio es un proceso lento y complejo. Sin embargo, con la voluntad de del binomio profesor-alumno se pueden llevar a cabo avances sustanciales, para ponerse al día con las herramientas tecnológicas de uso cotidiano.

Se confirma de nuevo muy en línea con estudios realizados en otros países, el uso generalizado de herramientas CAD 2D y en concreto AutoCAD. Es común el empleo tanto en el ámbito profesional como en el educativo. Así los elevados porcentajes de los alumnos que emplean estas herramientas informáticas y que han recibido formación universitaria.

La baja integración que presentan las TIC en el sector de la construcción, ha tenido como principal consecuencia una continua disminución de la productividad en esta industria. Aflorando cada vez más una acuciante necesidad de que se produzca la DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.

Este trabajo puede servir de acicate para modernizar los procesos empleados en el sector.

5.2 CIRCUNSTANCIA ACTUAL DE LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA

Es evidente que los ambientes educativos deben mantener una cierta semejanza con las prácticas del mundo real de la industria, manteniendo el plan de estudios en línea con las necesidades de la industria. Esto supone un reto importante dado que la industria AEC está preparada para una rápida transformación. El sistema educativo de AEC debe evolucionar para favorecer la adaptación a situaciones reales y poder hacer frente a desafíos presentes y futuros.

Las metodologías de enseñanza en la universidad deben actualizarse. La insatisfacción del alumnado sobre las metodologías docentes empleadas es generalizada. En un estudio realizado recientemente, se concluye que *“para los egresados, las metodologías educativas no se renuevan, predominan las técnicas clásicas, poco adecuadas a los paradigmas educativos actuales” “el rol del profesor como principal fuente de información era aún, para casi siete de cada diez, bastante o muy importante en su universidad”* [270]. A la vista de los resultados del estudio aquí realizado puede apreciarse el cambio de actitud y cómo ha mejorado la satisfacción de los estudiantes de esta asignatura con los cambios planteados y con los nuevos recursos introducidos.

El uso de las TIC en la universidad La lección Magistral sigue siendo uno de los métodos docentes más utilizados en la enseñanza universitaria [271].

5.3 OPORTUNIDAD ACTUAL DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

El gran despliegue que está teniendo BIM en el sector viene provocado por la necesidad de aumentar la productividad del sector y porque los medios tecnológicos se encuentran al alcance de más empresas.

5.4 LOGRO DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

La principal conclusión obtenida en esta investigación es que el uso de BIM, se puede emplear en la docencia universitaria, con mucha probabilidad de éxito. , además de los beneficios obtenidos en la práctica profesional, también

Se ha comprobado que las ventajas de integrar BIM en los planes de estudio están muy en consonancia con los señalados por los profesionales de la industria, pero además su uso en la enseñanza potencia la adquisición de competencias básicas fundamentales para el desarrollo profesional de la actividad de la construcción. Por tanto, los planes de estudio actuales deben adecuarse a las necesidades actuales cambiantes de la industria. Es necesario adaptar las metodologías de enseñanza a las nuevas necesidades de los alumnos, a los nuevos tiempos, mediante el empleo de herramientas tecnológicas.

Es fundamental que los estudiantes cuenten con los conocimientos técnicos necesarios para poder utilizar de manera correcta las herramientas tecnológicas disponibles. Obteniendo así una interpretación de los resultados que le ayude a tomar decisiones con rigor técnico.

Cuánto más se conoce una herramienta mayor es la percepción de versatilidad que puede ofrecer para el desarrollo de una tarea. Por el contrario, si el conocimiento de la misma herramienta es superficial puede llevar a pensar que va a ser un obstáculo durante su uso, realmente no se puede valorar la utilidad que puede ofrecer la misma e incluso puede llevar a los usuarios a un rechazo previo, debido al desconocimiento, falta de buen entendimiento que provocará un mal uso de la misma

Esta situación, en la que las escuelas que forman a los futuros profesionales va desfasada con respecto a la práctica laboral está generando desigualdades en el entendimiento, conocimientos y puesta en práctica de la tecnología BIM.

La implantación de BIM en los estudios universitarios conseguirá un conocimiento y entendimiento más homogéneo de la tecnología, aplicación adecuada, aprovechamiento del potencial de las herramientas. Con las consiguientes repercusiones en la industria: facilidad de implantación en el mundo profesional, aumento de la productividad, se eliminarán algunas de las barreras que las empresas consideran actualmente.

La integración y la implementación de BIM en los estudios de Arquitectura e Ingeniería se hacen necesario basada en los cambios producidos en la industria AEC debido al desarrollo y empleo de las nuevas tecnologías y en el uso que se está haciendo de ellas.

Las experiencias educativas novedosas, que integren medios digitales cuentan con la motivación previa de los alumnos. Les resulta más práctico al considerar que están aprendiendo herramientas y metodologías actuales, con una validez más cercana a la realidad profesional. En consonancia con esta conclusión se obtuvo el resultado en el que el 90% de los alumnos consideran que tienen una predisposición positiva a aprender nuevos software relacionados con la actividad profesional.

5.5. RESULTADOS DEL ESTUDIO. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el estudio mediante la encuesta realizada a los alumnos, posibilitan concluir lo siguiente:

1- Es importante el impulso dado por el gobierno para la implantación de BIM, a partir del anuncio de la hoja de ruta para la implantación BIM en el sector. Esto se hace notar incluso en el ámbito académico. Como se ha visto en los resultados de la pregunta *¿Ha escuchado hablar de la metodología BIM?* En el curso 2014/15, el 55% de los alumnos habían escuchado hablar de BIM “Poco o Nada” y en el curso 2015/16, es el 60% de los alumnos los que ha escuchado hablar “Algo o Mucho”. Al igual que ocurría en países como en Reino Unido, que a partir de que el gobierno hiciera pública la obligatoriedad del uso de BIM a partir de 2016, el porcentaje de profesionales que comenzaron a interesarse por el tema fue en aumento.

2- El software empleado de manera mayoritaria es Revit, al igual que en otros muchos países como EE.UU y Reino Unido. Además el tipo de formación más

extendida es la Formación autodidacta y la universitaria. Esta última aumenta a medida que la industria demanda más profesionales con habilidades BM

3- La sensación de que la Universidad no se encuentra al día con respecto al uso de las TIC, es generalizada. En ambos cursos académicos el 95% los alumnos, consideran que es “Muy o Bastante” necesario que se produzca una evolución tecnológica en la universidad. Algo que confirma los resultados obtenidos en la siguiente pregunta ¿Considera que la Universidad se está quedando rezagada respecto a las nuevas tecnologías que se emplean en la industria?, en la que el 75% de los alumnos consideraron que “Sí”. Y otra pregunta en este sentido es *¿Crees importante que las nuevas tecnologías se usen más en la docencia universitaria?*, se evidencia la respuesta afirmativa, con un 95% aproximadamente, de alumnos que “Sí” consideran importante un uso más extensivo de las NTIC en la universidad.

Relacionada también con estas cuestiones es la siguiente pregunta ¿Está usted satisfecho con la formación recibida en nuevas tecnologías para el desarrollo de la actividad laboral?. En la que obtuvo el resultado de que el 70% de los alumnos se encuentran “Poco o nada” satisfechos.

4- Una cuestión abordada por muchos estudio es en referencia a la actitud que muestran los alumnos a aprender mediante herramientas informáticas. En los que se resalta la gran predilección que sienten los “Nativos digitales” hacia las TIC. Como resultado a la pregunta ¿Cuál es su predisposición a aprender nuevos software relacionados con el sector? fue claro, más del 90% de los alumnos consideran que tienen “Muy buen o buena” predisposición a aprender nuevos software relacionados con el sector. Por tanto hay que aprovechar este entusiasmo por las herramientas informáticas y aprender a transmitirles el conocimiento a través de ellas.

5- En referencia al aprendizaje del software se concluye que al 60% de los alumnos les ha resultado “Difícil o Muy difícil”, el 65% de los encuestados le ha dedicado entre 30-50 horas para el aprendizaje inicial de Revit. La Web y los videotutoriales han sido los recursos más empleados para su instrucción.

6-Una vez que los alumnos han empleado la herramienta en la realización del proyecto, más del 80% creen que sería necesario incluirla en los planes de estudio. Este dato revela que encuentran en la tecnología BIM idónea para el aprendizaje activo que requiere la futura actividad profesional.

Respecto al curso en el que creen que se sería más adecuado incluir formación BIM, alrededor del 60% de los participantes creen que sería adecuado que se incluya en 2º o 3º. Esta elección coincide con otros estudios realizados, en los que se cree que la metodología BIM es compleja de comprender por alumnos de 1º, a los que les faltan conocimientos técnicos necesarios para su comprensión. Y en 4º curso, no hay tiempo suficiente para llevar a cabo el aprendizaje completo del software y de la metodología BIM. El ritmo de aprendizaje BIM se va adecuando al ritmo de aprendizaje de los conceptos técnicos que van adquiriendo en su formación.

7- Uno de los beneficios más destacados de la tecnología BIM es la integración de todos los participantes que intervienen en el proyecto. Así más del 95% de los encuestados opinan que la tecnología BIM les ha facilitado el trabajo colaborativo y multidisciplinar exigido en esta asignatura.

8- una cuestión importante y principal objetivo de la Tesis, es validar de la tecnología BIM como herramienta docente. Para ello se pregunta a los alumnos, si el aprendizaje de BIM le ha facilitado la comprensión de la asignatura. A lo que un porcentaje elevado entre el 60% y el 80%, ha respondido que sí. Otro aspecto importante es la utilidad percibida de esta herramienta, en otras áreas. En este sentido más del 80% de los alumnos consideran que los conocimientos BIM adquiridos se pueden aplicar en otras asignaturas. Este hecho es muy importante pues apoya la opción de introducir la tecnología BIM de forma transversal en los planes de estudio. Abarcando otras áreas que intervienen en el proyecto.

9- Sobre el caso particular de esta asignatura se incluyen en el cuestionario una serie de preguntas en referencia a la estructura, metodología y resultados de la asignatura, con el fin de ir mejorando la metodología y la

satisfacción de los alumnos en el proceso enseñanza/aprendizaje. Una cuestión importante que ya se había indicado previamente, es la motivación y actitud con la que ha afrontado las clases, el 70% de los alumnos lo han hecho con “Ilusión y motivación”. Así el 60% tenían la esperanza de aprobar la asignatura y viendo el gráfico de calificaciones poco difiere de la realidad. La interpretación que hacemos de estos resultados es que los alumnos han tenido mayor comprensión de la materia y ven la asignatura asequible para aprobarla. Como resumen de la experiencia se muestra el dato obtenido sobre el grado de satisfacción general con el nuevo planteamiento de la asignatura, más del 60% de los alumnos que han participado están “Muy satisfechos o Satisfechos”.

10-Cabe indicar además, que el 80% de los participante creen que el nuevo planteamiento de la asignatura se acerca a la realidad profesional “Mucho o Bastante”, hecho que también les motiva a aprender. Otro motivo más para aplicar BIM en el proceso de enseñanza a

11-Respecto a los beneficios generales que puede aportar BIM como profesional, se concluye que en primer lugar les aporta “Mejor comprensión del proyecto”. Esto es confirmado por el profesor que imparte la asignatura, en una entrevista, en la que afirmó: “saben mejor lo que están haciendo”. En segundo lugar, consideran que le proporciona “Confianza para encontrar empleo a nivel nacional” y muy de cerca “Mayor coordinación”. Esta última ventaja viene dada por las características inherentes de la herramienta respecto a la gestión y organización de la información.

12-La mayor parte de los participantes alrededor del 75%, considera como la principal dificultad para no implantar BIM en la universidad es la “Falta de personal capacitado”. Siendo ésta, la principal barrera encontrada en muchos de los estudios realizados a nivel internacional. Seguida de “Falta de experiencia” el 40% de los participantes. Quedando relegados a un segundo plano dificultades como los “Altos costes de implantación” y la “Dificultad para aprender aplicaciones informáticas”. INCLUIR OPINIÓN DE PROFESORES

13- Uno de los principales objetivos de este estudio es comprobar la influencia que tiene BIM en la adquisición de competencias genéricas por parte de los alumnos. Como principal conclusión de este apartado es que como media en 13 de las 17, esto es el 76,5%, de las competencias analizadas, los alumnos creen que BIM influye “Mucho o Bastante”. Analizando más en profundidad los datos encontramos que las 4 competencias más afectadas por el uso de BIM, según los alumnos son: G09 (Trabajo en equipo), G18 (Creatividad), G02 (Capacidad de organización y planificación), G10 (Trabajo en equipo interdisciplinar). Y las que menos: G12 (Habilidades de relaciones interpersonales), G14 (Razonamiento crítico), G15 (Compromiso ético), G03 (Comunicación oral o escrita). INCLUIR LA OPINIÓN DE LOS PROFESORES

En relación a algunas de las habilidades que la industria demanda a los nuevos profesionales, los alumnos consideran que BIM puede influir mucho o bastante.

14- Las experiencias educativas novedosas, que integren medios digitales cuentan con la motivación previa de los alumnos, tal y como se ha visto en el apartado de resultados en el que el porcentaje de alumnos “ilusionados y motivados” es elevado el 70%. Les resulta más práctico al considerar que están aprendiendo herramientas y metodologías actuales, con una validez más cercana a la realidad profesional, cuestión abordada también en el cuestionario, en el que 8 de cada 10 hacen esta consideración. De hecho, uno de los factores que ha influido en la valoración que los alumnos han hecho sobre la influencia de BIM en la adquisición de competencias genéricas, ha sido el grado de satisfacción con el nuevo planteamiento de la asignatura. Esta relación da indicios de que los alumnos que están más satisfechos consideran que BIM ha influido mucho o bastante en la adquisición de competencias.

15- Los principales inconvenientes encontrados por parte de los alumnos se han obtenido de las preguntas abiertas incluidas en el cuestionario. Cabe

destacar, la falta de tiempo de la asignatura y la frustración inicial en el aprendizaje autodidacta del software.

Sin embargo, incluso con los inconvenientes encontrados durante el desarrollo del nuevo planteamiento de la asignatura, los resultados han sido muy positivos. Estos resultados son avalados por el nivel de calidad de los trabajos de los alumnos y por la valoración del profesorado.

5.6. IMPLICACIONES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS DE ESTE ESTUDIO

Conocer cómo influye BIM en el proceso enseñanza/aprendizaje es fundamental para el futuro de la formación universitaria relacionada con el sector de la construcción. Conocer los beneficios y las dificultades que plantea su implantación en las aulas, sirve para mejorar este proceso en futuras actuaciones. Y poder adaptar mejor las modificaciones curriculares a las necesidades planteadas, con el fin de que los recién egresados puedan desarrollar de manera efectiva las actividades laborales que se les puedan presentar.

En este sentido, la experiencia se considera un éxito en muchos aspectos. Los resultados que se han obtenido son muy alentadores en referencia al uso didáctico de BIM, por un lado y por el otro en referencia al cambio de planteamiento de la asignatura. Sin embargo, este estudio, también ha servido de toma de conciencia de las dificultades surgidas. Con el fin de ir introduciendo cambios que mejoren el desarrollo de la asignatura.

Una de las implicaciones que se obtienen como resultado del desarrollo de este proyecto es que la integración de la tecnología BIM debe tener lugar de manera transversal, esto es a través de las diferentes asignaturas del plan de estudios.

De forma general se pueden observar diferencias sustanciales entre el método antiguo empleado en la asignatura y el nuevo planteamiento incluyendo BIM.

Tabla 53. Comparativa asignatura antes y después de usar BIM

	ANTES DE USAR BIM	USANDO BIM
Asistencia a clase	Baja a moderada	Moderada a alta
Abandono de la asignatura	Porcentaje elevado	Pequeño tanto por ciento
Actitud en clase: Motivación, Implicación, participación	Pasiva, con poca interacción durante las clases	Mayor interés y actitud positiva en el proceso de aprendizaje.
Compresión conceptos técnicos	Se lleva a cabo con gran esfuerzo de abstracción	Facilitada por la visualización que ofrece la tecnología BIM
Nivel de desarrollo de los proyectos	Pocos son los que alcanzan el nivel mínimo exigido	Aunque necesitan mejorar, el porcentaje de proyectos con nivel adecuado ha aumentado
Calidad de la documentación	Errores no detectados, con incongruencias en la documentación presentada	Se ha producido gran disminución en los errores plasmados en los planos
Competencias	Adquisición moderada	Logro de competencias

Se considera que los resultados aquí obtenidos pueden ayudar a impulsar cambios en los planes de estudio. Algunas de las dificultades más generalizadas quedarían resueltas con una integración transversal de BIM o

una formación más temprana. Como son la falta de tiempo para asimilar conceptos y la curva de aprendizaje del software. De esa forma, algunas ventajas se harían extensivas a otras asignaturas cursadas e incluso aparecería más beneficios no latentes hasta ahora, al tener un conocimiento y formación más detallado en la materia.

El fomento de la competencia digital desde el ámbito universitario es fundamental para los futuros profesionales. En este sentido es necesario indicar que para que esto se lleve a la realidad de las aulas, es evidente que los profesores deben implicarse en este cambio. La principal dificultad para la implementación de BIM en la universidad, es la referida a la falta de personal capacitado para impartir esta materia. Dicha barrera es reflejada y común, en el panorama educativo internacional, según se indica en la bibliografía consultada.

5.7. EVALUACIÓN DE LA VALIDEZ Y FIABILIDAD DEL ESTUDIO

Se hace necesario indicar en este apartado las limitaciones de esta investigación. En primer lugar el trabajo se desarrolla en un contexto “sectorial” y geográfico específico, puesto que las labores realizadas se han limitado a una titulación en concreto de la Universidad de Extremadura. Si bien algunas de las conclusiones pueden hacerse extensivas a contextos nacionales e internacionales por las similitudes encontradas en la literatura.

Un punto importante que no se ha abordado es el referido a la evaluación y adquisición de las competencias genéricas estudiadas, se ha considerado un tema de suficiente entidad como para abrir nuevas vías de estudio.

Y la otra cuestión es la formación de los docentes en esta materia (BIM) que tienen que guiar a los alumnos en su formación.

5.8. INVESTIGACIÓN FUTURA

La implantación de BIM en los estudios universitarios se encuentra aún en fases tempranas, con pocos años de andadura y por ende con poca experiencia en su integración en las distintas disciplinas que forman parte del sector AEC. Así pues, nos encontramos con un área del conocimiento propicio para seguir indagando, con el fin de agregar y ampliar los resultados que en este trabajo de investigación se han obtenido.

En este apartado final se sugieren una serie de futuras líneas de investigación que a nuestro criterio serán fundamentales para poder llevar a cabo el uso de BIM en el ámbito docente universitario:

- Como complemento de este estudio se podría realizar una ampliación y complemento del mismo desde el punto de vista de los docentes que imparten asignaturas empleando BIM.
- También como complemento a este estudio se propone estudiar la influencia de BIM en la adquisición de competencias específicas de cada una de las especialidades y/o niveles formativos (Grado, Máster).
- Una de las principales dificultades de la implantación BIM es la formación del profesorado, sería de utilidad realizar un estudio a este respecto.
- Uno de los temas muy relacionado con la tesis es el uso de las TIC en la formación universitaria. Podría ser el comienzo de una investigación más detallada del uso real que se hace de las TIC en las aulas (formación de las distintas disciplinas que intervienen en el sector AEC).
- Sería muy interesante y novedoso investigar en profundidad la medición de la curva de aprendizaje del software BIM. Esto podrá servir para poder realizar con mayor confianza la distribución de conocimientos y en los niveles que deben impartirse dentro del plan de estudios de las distintas titulaciones.

- Otro estudio que abrirá a su vez distintas vías de investigación será el uso de BIM en proyectos interdisciplinarios e interuniversitarios.
- Estudiar con mayor detalle la posible existencia de dependencia entre el método empleado para la enseñanza BIM en relación con las competencias adquiridas.
- Establecer un marco educativo en la que BIM aparezca como herramienta transversal
- Establecer criterio/normas de acreditación BIM, en los estudios relacionados con el sector de la construcción

Esperamos que las líneas de investigación aquí propuesta sirvan como preludio para el ámbito investigador en este campo, con el fin de mejorar la formación de los futuros profesionales del sector.

Los casos en los que se está aplicando BIM en cualquiera de sus formas, tal y como se ha detallado en el texto, son interesantes independientemente del éxito resultante. Estas experiencias son cada vez más frecuentes y van adquiriendo mayor valor dentro de la formación universitaria tanto nacional como internacionalmente. Debido en gran parte a la influencia que puede llegar a tener en las metodologías docentes empleadas orientadas a la adquisición de competencias.

Es presumible que se haga cada vez más extensivo el uso de las TIC y en concreto el uso de BIM en las universidades, al igual que ha ocurrido a nivel profesional, esto llevará a que vayan apareciendo más líneas de investigación con el fin último de mejorar la formación de los alumnos y el posterior desarrollo laboral.

5.9. LIMITACIONES DE ESTE ESTUDIO

Se debe tener en cuenta que la investigación desarrollada en esta tesis queda acotada en el ámbito de una asignatura de una carrera universitaria de una universidad en concreto, así pues las conclusiones que de ella se han extraído deben ser limitadas a esta consideración.

La población muestral ha sido representativa. Aunque estimamos oportuno, que pudiera realizarse un estudio extendido a otras especialidades.

No se ha abordado en el tema de la evaluación por competencias, los recursos empleados y la forma de realizarla, considerándose un tema de suficiente entidad y extensión como para desarrollarlo en otros estudios.

Tampoco se ha acometido una parte fundamental del proceso enseñanza-aprendizaje, que es la formación y el rol que debe adquirir el instructor, coherente con el cambio de metodología.

Hay que tener en cuenta la limitación que ha supuesto la participación de expertos en la implantación BIM en la universidad de otros países. Se ha intentado acceder a una muestra internacional de profesores competentes en el tema, y la participación ha sido pequeña. No por ello menos importante, habiendo servido de referente para comparar con los resultados obtenidos por parte de los alumnos.

ANEXOS

- [1] J. C. Almenara, "Las TICs y las Universidades: retos, posibilidades y preocupaciones," *Rev. Educ. Super.*, vol. 34, no. 3, pp. 77–100, 2005.
- [2] E. Oñate, J. Marcipar, and F. Zárate, "Posibilidades de las nuevas tecnologías de información y comunicaciones en el sector de la construcción," *Barc. CIMNE Cent. Int. Metod. Numér. En Ing. N°*, vol. 221, 2003.
- [3] M. Billón, F. Lera, and S. Ortiz, "Evidencias del impacto de las TIC en la productividad de la empresa. ¿Fin de la «paradoja de la productividad»?," *Cuad. Econ.*, vol. 30, no. 82, pp. 005–036, 2007.
- [4] M. B. Fuentes Giner, *Impacto de BIM en el proceso constructivo español*. Servicios y comunicacion IGV s.l., 2014.
- [5] A. Adriaanse and H. Voordijk, "Interorganizational communication and ICT in construction projects: a review using metatriangulation," *Constr. Innov.*, vol. 5, no. 3, pp. 159–177, 2005.
- [6] C. Eastman, R. Sacks, and G. Lee, "Strategies for realizing the benefits of 3D integrated modeling of buildings for the AEC industry," *NIST Spec. Publ. SP*, pp. 9–14, 2003.
- [7] K. A. Davis and A. D. Songer, "Technological change in the AEC industry: a social architecture factor model of individuals' resistance," in *Engineering Management Conference, 2002. IEMC'02. 2002 IEEE International*, 2002, vol. 1, pp. 286–291.
- [8] B. Becerik, "A review on past, present and future of web based project management & collaboration tools and their adoption by the US AEC industry," *Int. J. IT Archit. Eng. Constr.*, vol. 2, pp. 233–248, 2004.
- [9] Y. Rezgui and A. Zarli, "Paving the Way to the Vision of Digital Construction: A Strategic Roadmap," *J. Constr. Eng. Manag.-Asce*, p. 10, 2006.
- [10] Y. Rezgui, G. Cooper, and P. Brandon, "Information management in a collaborative multiactor environment: the COMMIT approach," *J. Comput. Civ. Eng.*, vol. 12, no. 3, pp. 136–144, 1998.
- [11] M. Betts, "Strategic management of IT in construction," 1999.
- [12] L. A. Hernández, "TOWARDS THE DIGITAL PROJECT.," *Rev. EGA*, no. 18, 2011.
- [13] A. Ureña, E. Valdecasa, and O. Ureña, "Informe ePyme 2013," *Análisis Implant. Las TIC En PYME Esp. Fundetec ONTSI*, 2013.
- [14] "Nueve años de (r)evolución tecnológica resumidos en una imagen," *AbadiaDigital.com*, 06-May-2014. .
- [15] V. Peansupap and D. H. Walker, "Factors enabling information and communication technology diffusion and actual implementation in construction organisations," *Electron. J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 10, no. 14, pp. 193–218, 2005.
- [16] M. El-Saboni, G. Aouad, and A. Sabouni, "Electronic communication systems effects on the success of construction projects in United Arab Emirates," *Adv. Eng. Inform.*, vol. 23, no. 1, pp. 130–138, 2009.

- [17] Y. E. Kalay, "The impact of information technology on design methods, products and practices," *Des. Stud.*, vol. 27, no. 3, pp. 357–380, May 2006.
- [18] R. Takim, M. Harris, and A. H. Nawawi, "Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Quality of Life Within Architectural, Engineering and Construction (AEC) Industry," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 101, pp. 23–32, Nov. 2013.
- [19] I. M. Horta, A. S. Camanho, J. Johnes, and G. Johnes, "Performance trends in the construction industry worldwide: an overview of the turn of the century," *J. Product. Anal.*, vol. 39, no. 1, pp. 89–99, 2013.
- [20] P. Teicholz, "Labor-Productivity Declines in the Construction Industry: AECbytes Viewpoint," 14-Mar-2013.
- [21] R. Sebastian, "Changing roles of architects, engineers and buildings through BIM application in healthcare building projects in The Netherlands," in *Published paper in the Proceedings of International Conference "Changing Roles: New Roles, New Challenges"*, Noordwijk aan Zee (NL), 5-9 October 2009, 12, 2009.
- [22] K. A. Davis, "Assessing individuals' resistance prior to its implementation in the aec industry," in *CIB-W78 2008 International Conference on Information Technology in Construction, Santiago, Chile, 2008*, pp. 112–121.
- [23] M. A. Hidalgo Pérez, J. M. O'Kean Alonso, and J. Rodríguez López, "Labor demand and ICT adoption in Spain," *Telecommun. Policy*, Aug. 2015.
- [24] J. A. Macdonald and J. E. Mills, "The Potential of BIM to Facilitate Collaborative AEC Education," in *Annual Conference Proceedings, American Society for Engineering Education*, 2011.
- [25] R. M. Solow, "We'd better watch out," *N. Y. Times Book Rev.*, vol. 36, 1987.
- [26] S. Boddy, Y. Rezgui, G. Cooper, and M. Wetherill, "Computer integrated construction: A review and proposals for future direction," *Adv. Eng. Softw.*, vol. 38, no. 10, pp. 677–687, Oct. 2007.
- [27] J. I. López, "¿ Pueden las tecnologías de la información mejorar la productividad?," *Universia Bus. Rev.*, vol. 1, pp. 82–95, 2004.
- [28] S. M. Latham, *Constructing the team*. HM Stationery Office, 1994.
- [29] J. Egan, *Rethinking construction*. Department of Environment, Transport and the Region, 1998.
- [30] N. Zozaya, "La productividad empresarial en España," Dirección General de Política de la Pequeña y Mediana Empresa, Madrid, 2007.
- [31] B. van Ark, C. Guillemineau, and R. H. McGuckin, "As US productivity slows, emerging economies grow rapidly, but Europe falls further behind," in *The Conference Board Executive Action A-0176-06-EA*, 2006.
- [32] J. Fuentes-del-Burgo, N. Valverde-Gascueña, J. P. Ruíz-Fernández, and E. Navarro-Astor, "Factores con influencia en la productividad de la edificación: estrategias para su inclusión en la planificación," Jul. 2012.

- [33] M. M. Ivars, "La productividad en las economías desarrolladas: el desigual impacto de la crisis," *Cuad. Económicos ICE*, no. 84, pp. 9–32, 2012.
- [34] J. Dai, P. M. Goodrum, W. F. Maloney, and C. Srinivasan, "Latent structures of the factors affecting construction labor productivity," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 135, no. 5, pp. 397–406, 2009.
- [35] O. Motaleb and M. Kishk, "An investigation into causes and effects of construction delays in UAE," in *ANNUAL CONFERENCE OF THE ASSOCIATION OF RESEARCHERS IN CONSTRUCTION MANAGEMENT*, 2010, vol. 26.
- [36] E. Navarro Astor, "Aportación al estudio de la satisfacción laboral de los profesionales técnicos del sector de la construcción: una aplicación cualitativa en la Comunidad Valenciana," 2008.
- [37] P. Teicholz, "Labor productivity declines in the construction industry: causes and remedies," *AECbytes Viewp.*, vol. 4, no. 14, p. 2004, 2004.
- [38] M. Abdel-Wahab and B. Vogl, "Trends of productivity growth in the construction industry across Europe, US and Japan," *Constr. Manag. Econ.*, vol. 29, no. 6, pp. 635–644, Jun. 2011.
- [39] A. Ureña, E. Valdecasa, and O. Ureña, "Informe ePyme 2014," *Análisis Implant. Las TIC En PYME Esp. Fundetec ONTSI*, 2014.
- [40] "Construction production (volume) index overview - Statistics Explained." [Online]. Available: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Construction_production_\(volume\)_index_overview](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Construction_production_(volume)_index_overview). [Accessed: 17-Apr-2017].
- [41] "Skills mismatch: The role of the enterprise," *Cedefop*, 27-Mar-2012. [Online]. Available: <http://www.cedefop.europa.eu/es/news-and-press/news/skills-mismatch-role-enterprise>. [Accessed: 17-Apr-2017].
- [42] R. Rwamamara, H. Norberg, T. Olofsson, and O. Lagerqvist, "Using visualization technologies for design and planning of a healthy construction workplace," *Constr. Innov.*, vol. 10, no. 3, pp. 248–266, 2010.
- [43] Y. Rezgui, S. Boddy, M. Wetherill, and G. Cooper, "Past, present and future of information and knowledge sharing in the construction industry: Towards semantic service-based e-construction?," *Comput.-Aided Des.*, vol. 43, no. 5, pp. 502–515, May 2011.
- [44] L. Madrazo, M. Massetti, A. Sicilia, G. Wadel, and M. Ianni, "SEiS: Sistema basado en tecnologías semánticas para integrar la información energética de los edificios," *Inf. Constr.*, vol. 67, no. 537, p. e060, Mar. 2015.
- [45] A. F. Waly and W. Y. Thabet, "A virtual construction environment for preconstruction planning," *Autom. Constr.*, vol. 12, no. 2, pp. 139–154, 2003.
- [46] E. Coloma, "Tecnología BIM per al disseny arquitectònic," Tesis Doctoral, Universidad Politècnica de Catalunya, 2011.

- [47] E. Carvajal, "Las funciones básicas de la producción en la construcción," *Cent. Int. Para Conserv. Patrim. CICOP Sevilla*, 2001.
- [48] P. W. Chan and A. Kaka, "Productivity improvements: understand the workforce perceptions of productivity first," *Pers. Rev.*, vol. 36, no. 4, pp. 564–584, Jun. 2007.
- [49] M. Sarshar and U. Isikdag, "A survey of ICT use in the Turkish construction industry," *Eng. Constr. Archit. Manag.*, vol. 11, no. 4, pp. 238–247, 2004.
- [50] K. Davis and A. D. Songer, "Resistance to IT change in the AEC industry: an individual assessment tool," *Constr. Manag. Fac. Publ. Present.*, p. 1, 2008.
- [51] QCIF, "Getting it Right First Time.," *Qld. Constr. Ind. Forum*, 2005.
- [52] Mohamed S. Abdel-Wahab, Andrew R.J. Dainty, Stephen G. Ison, Patrick Bowen, and Guy Hazlehurst, "Trends of skills and productivity in the UK construction industry," *Eng. Constr. Archit. Manag.*, vol. 15, no. 4, pp. 372–382, Jul. 2008.
- [53] L. Coch and J. R. French Jr, "Overcoming resistance to change.," *Hum. Relat.*, 1948.
- [54] E. M. Rojas and S. Locsin, "Integrated practice: The road ahead," in *2007 ASCE Construction Research Congress, 2007*, p. 77.1-77.8.
- [55] K. Ruikar, C. J. Anumba, and P. M. Carrillo, "End-user perspectives on use of project extranets in construction organisations," *Eng. Constr. Archit. Manag.*, vol. 12, no. 3, pp. 222–235, 2005.
- [56] B. Watch, "ICT and Electronic Business in the construction Industry, IT adoption and e-business activity in 2005," *Eur. E-Bus. Mark. Watch Eur. Comm. Enterp. Ind. Dir. Gen.*, 2005.
- [57] L. Ruddock, "ICT in the construction sector: Computing the economic benefits," *Int. J. Strateg. Prop. Manag.*, vol. 10, no. 1, pp. 39–50, 2006.
- [58] A. Bayo-Moriones and F. Lera-López, "A firm-level analysis of determinants of ICT adoption in Spain," *Technovation*, vol. 27, no. 6, pp. 352–366, 2007.
- [59] D. M. Gier, "Does Learning Building Information Modeling Improve the Plan Reading Skills of Construction Management Students?," in *43^o Interantional Conference Proceedings*, Flagstaff, Arizona, 2007.
- [60] S. Liu, B. Xie, L. Tivendal, and C. Liu, "Critical Barriers to BIM Implementation in the AEC Industry," *Int. J. Mark. Stud.*, vol. 7, no. 6, p. 162, Nov. 2015.
- [61] "Future Qualification and Skills Needs in the Construction Sector," Danish Technological Institute, Policy and Business Analysis, 2008.
- [62] L. Koskela and R. Vrijhoef, "Is the current theory of construction a hindrance to innovation?," *Build. Res. Inf.*, vol. 29, no. 3, pp. 197–207, 2001.
- [63] R. Davies and C. Harty, "Implementing 'Site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project," *Autom. Constr.*, vol. 30, pp. 15–24, Mar. 2013.
- [64] A. P. Prieto and A. M. Reyes, "BIM como paradigma de la modernización del flujo de trabajo en el sector de la construcción," *Span. J. Build. Inf. Model.*, no. 15, pp. 36–45, 2015.

- [65] I. Onyegiri and C. Nwachukwu, "Information and communication technology in the construction industry," *Am. J. Sci. Ind. Res.*, vol. 2, no. 3, pp. 461–468, Jun. 2011.
- [66] H. Li *et al.*, "Integrating design and construction through virtual prototyping," *Autom. Constr.*, vol. 17, no. 8, pp. 915–922, Nov. 2008.
- [67] The Economist, *Manufacturing technology, on the cutting edge*, vol. 5. 1994.
- [68] S. Porter, *Engineering Visualization*, vol. 17(11). Computer Graphics World, 1994.
- [69] DIRECTIVA 2014/24/UE, *DIRECTIVA 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE*. Directiva edn, 2014.
- [70] L. Taxén and J. Lilliesköld, "Images as action instruments in complex projects," *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 26, no. 5, pp. 527–536, 2008.
- [71] N. Lee and C. S. Dossick, "Leveraging building information modeling technology in construction engineering and management education," in *Annual Conference Proceedings, American Society for Engineering Education*, 2012.
- [72] W. Kymmell, *Building Information Modeling: planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*. McGraw-Hill Professional, 2008.
- [73] G. F. Salazar, S. Alvarez, and M. de L. Gomez-Lara, "Use of building information modeling in student projects at WPI," in *BIMForum Conference*, 2013.
- [74] A. del Caño, M. de la Cruz, and L. Solano, "Diseño, ingeniería, fabricación y ejecución asistidos por ordenador en la construcción: evolución y desafíos a futuro," *Inf. Constr.*, vol. 59, no. 505, pp. 53–71, 2007.
- [75] J. Rey-Rey, "Aplicación de algoritmos paramétricos en el diseño estructural. La Ópera de Sídney desde una perspectiva contemporánea," *Inf. Constr.*, vol. 66, no. Extra-1, p. m016, Dec. 2014.
- [76] A. Pollock, "BIM in academia: collaborate, adapt, innovate," *SOM N. Y.*, 2010.
- [77] S. Azhar, "Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry," *Leadersh. Manag. Eng.*, vol. 11, no. 3, pp. 241–252, 2011.
- [78] A. Wolstenholme *et al.*, "Never waste a good crisis: A review of Progress since Rethinking Construction and Thoughts for Our Future," 2009.
- [79] J. Fridrich and K. Kubečka, "BIM – The Process of Modern Civil Engineering in Higher Education," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 141, pp. 763–767, Aug. 2014.
- [80] G. M. Winch, "How innovative is construction? Comparing aggregated data on construction innovation and other sectors—a case of apples and pears," *Constr. Manag. Econ.*, vol. 21, no. 6, pp. 651–654, 2003.

- [81] I. Oliver Faubel, "Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta," 2016.
- [82] R. Piñero, "Las obras públicas, a su precio justo," *El País*, 2011. [Online]. Available: http://elpais.com/diario/2011/08/27/sociedad/1314396001_850215.html. [Accessed: 12-May-2015].
- [83] J. A. González, R. Solís, and C. Alcudia, "Diagnóstico sobre la Planeación y Control de Proyectos en las PYMES de Construcción," *Rev. Constr.*, vol. 9, no. 1, pp. 17–25, 2010.
- [84] E. Johansen and B. Wilson, "Investigating first planning in construction," *Constr. Manag. Econ.*, vol. 24, no. 12, pp. 1305–1314, 2006.
- [85] NIST, "Cost analysis of inadequate interoperability in the US capital facilities industry," *Natl. Inst. Stand. Technol. NIST*, vol. Capital Facilities Industry, no. NIST GCR, pp. 04-867, 2004.
- [86] R. Vanlande, C. Nicolle, and C. Cruz, "IFC and building lifecycle management," *Autom. Constr.*, vol. 18, no. 1, pp. 70–78, Dec. 2008.
- [87] D. E. Morton, "BIM: A Transformative Technology within the Architectural Curriculum in Schools of Architecture (Pedagogic Stages of Architectural Education and the Transformative Effect of BIM)," *Int. J. 3- Inf. Model.*, vol. 1, no. 4, pp. 50–68, 34 2012.
- [88] J. H. Woo, "BIM (Building Information Modeling) and Pedagogical Challenges," in *Proceedings of the 43rd ASC National Annual Conference*, 2006, pp. 12–14.
- [89] T. McCuen, "The Challenges of Advancing BIM in the Curriculum while Addressing Current Accreditation Standards for Construction," in *BIM Academic Workshop*, Washington D.C., 2014.
- [90] P. Samphaongoen, "A visual approach to construction cost estimating," 2010.
- [91] R. Jongeling, *A Process Model for Work-flow management in construction: Combined Use of Location-based scheduling and 4D CAD*. Division of Structural Engineering, Luleå University of Technology, 2006.
- [92] S. Guidera and A. Mutai, "Building Information Modeling In Construction: Current Practices And Their Implications For Construction Engineering Education," in *BIM and Other New Construction Practices*, 2010.
- [93] H. Mashburn, "Building Information Modeling: A Catalyst for Change: AGC brings contractors' perspectives to emerging design and construction technology," *Constructor Magazine-Inside AGC*, Jun-2006. [Online]. Available: <http://constructoragc.construction.com/insideAGC/archives/2006-05presMsg.asp>. [Accessed: 14-May-2015].
- [94] Masterpec, "New Zealand National BIM Survey 2013," Auckland, 2013.

- [95] P. Prieto Muriel, "Implantación de la tecnología BIM en estudios universitarios de Arquitectura e Ingeniería," *Cent. Univ. Mérida Univ. Extremad.*, 2011.
- [96] R. Crotty, *The impact of building information modelling: Transforming construction*. Routledge, 2012.
- [97] D. A. Campbell, "Building information modeling: the Web3D application for AEC," in *Proceedings of the twelfth international conference on 3D web technology*, 2007, pp. 173–176.
- [98] Arch-Vision BV, "Awareness and usage of BIM among architects is growing. British and Dutch architects have the lead," Rotterdam, 2013.
- [99] H. Penttilä and T.-U. Weck, "The effects of information and communication technology (ICT) on architectural profession," *ECPMM-E-Bus. E-Work Archit. Eng. Constr.*, 2006.
- [100] D. Holzer, "Are you talking to me? Why BIM alone is not the answer," 2007.
- [101] Y. Arayici, F. Khosrowshahi, A. M. Ponting, and S. Mihindu, "Towards implementation of building information modelling in the construction industry," 2009.
- [102] T. M. Froese, "The impact of emerging information technology on project management for construction," *Autom. Constr.*, vol. 19, no. 5, pp. 531–538, Aug. 2010.
- [103] R. Eadie, H. Odeyinka, M. Browne, C. McKeown, and M. Yohanis, "An analysis of the drivers for adopting building information modelling," *J. Inf. Technol. Constr. ITCON*, vol. 18, pp. 338–352, 2013.
- [104] M. H. Ngo, "UK Construction Industry's responses to Government Construction Strategy BIM deadline and applications to civil engineering education," 2012.
- [105] B. Becerik-Gerber, D. J. Gerber, and K. Ku, "The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula," *J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 16, pp. 411–432, 2011.
- [106] É. de S. Checcucci, "Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em engenharia civil e o papel da expressão gráfica neste contexto," 2014.
- [107] C. S. Dossick, N. Lee, and S. Foleyk, "Building Information Modeling in Graduate Construction Engineering and Management Education," in *2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE)*, 2014.
- [108] E. Pikas, R. Sacks, and O. Hazzan, "Building information modeling education for construction engineering and management. II: Procedures and implementation case study," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 139, no. 11, 2013.
- [109] S. Schmelter and C. Cory, "Commercial Construction BIM Course Created for Academia," *JBIM*, vol. Washington, pp. 40–41, 2009.

- [110] A. Chasey and C. Pavelko, "Industry Expectations Help Drive BIM in Today's University Undergraduate Curriculum," *JBIM Fall*, 2010.
- [111] A. Nejat, M. M. Darwish, and T. Ghebrab, "BIM teaching strategy for construction engineering students," 2012.
- [112] A. P. Chan, D. Scott, and A. P. Chan, "Factors affecting the success of a construction project," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 130, no. 1, pp. 153–155, 2004.
- [113] M. Alshawi and B. Ingirige, "Web-enabled project management: an emerging paradigm in construction," *Autom. Constr.*, vol. 12, no. 4, pp. 349–364, 2003.
- [114] N. Lee and D. A. Hollar, "Probing BIM education in construction engineering and management programs using industry perceptions," in *Proc., 49th Annual Int. Conf., Associated Schools of Construction, California Polytechnic State Univ., Windsor, CO*, 2013.
- [115] G. Salazar, H. Mokbel, and M. Aboulezz, "The building information model in the civil and environmental engineering education at WPI," in *Proceedings of the ASEE New England Section Annual Conference*, 2006.
- [116] L. Robson and M. Littlemore, "The transition from CAD to BIM within architectural practices: The individual and resistance to change," in *Built and Natural Environment Research Papers*, 2011.
- [117] "Modelado de información de construcción," *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 07-Jun-2016.
- [118] C. M. Eastman, *An outline of the building description system*. Institute of Physical Planning, Carnegie-Mellon University, 1974.
- [119] C. Eastman, C. M. Eastman, P. Teicholz, and R. Sacks, *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons, 2011.
- [120] W. Kymmell, *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*. McGraw Hill Professional, 2008.
- [121] R. Sacks and E. Pikas, "Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management. I: Industry Requirements, State of the Art, and Gap Analysis," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 139, no. 11, p. 04013016, Nov. 2013.
- [122] M. B. Barison, *Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no currículo: uma contribuição para a formação do projetista*. ProBooks, 2015.
- [123] R. Miettinen and S. Paavola, "Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling," *Autom. Constr.*, vol. 43, pp. 84–91, Jul. 2014.
- [124] NIBS, "Building Information Modeling (BIM) | Whole Building Design Guide," 2008. [Online]. Available: <https://www.wbdg.org/bim/bim.php>. [Accessed: 20-Jun-2016].
- [125] L. C. Seng, *Singapore BIM guide*. Singapore, 2012.
- [126] BuildingSMART, "BIM en Español - BuildingSMART Spanish Chapter." [Online]. Available: <http://www.buildingsmart.es/>. [Accessed: 20-Jun-2016].

- [127] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, 2ª. John Wiley & Sons, 2011.
- [128] S. Azhar, M. Khalfan, and T. Maqsood, "Building information modelling (BIM): now and beyond," *Australas. J. Constr. Econ. Build.*, vol. 12, no. 4, pp. 15–28, 2012.
- [129] M. Mandhar and M. Mandhar, "BIMing the architectural curricula: integrating Building Information Modelling (BIM) in architectural education," *Int. J. Archit.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–20, 2013.
- [130] J. Nieto Julián, "Generación de modelos de información para la gestión de una intervención en el patrimonio arquitectónico," Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Sevilla, 2014.
- [131] R. C. Ruschel, M. L. V. X. de Andrade, and M. de Morais, "O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?," *CEP*, vol. 13083, p. 852, 2013.
- [132] uBIM, "Guías de usuarios BIM," *BuildingSMART*, vol. Spanish Chapter, 2014.
- [133] BIMForum, "Level of Development Specification," 2015.
- [134] D. V. González, "Mejora de los procesos de comunicación y coordinación en proyectos de construcción mediante el empleo de modelos de información de la construcción n-Dimensionales," Universidad de La Rioja, 2014.
- [135] D. Bryde, M. Broquetas, and J. M. Volm, "The project benefits of Building Information Modelling (BIM)," *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 31, no. 7, pp. 971–980, Oct. 2013.
- [136] P. Smith, "BIM Implementation – Global Strategies," *Procedia Eng.*, vol. 85, pp. 482–492, 2014.
- [137] F. Gisbert, S. Pablo, J. L. Fuentes Bargues, J. Galarza Nácher, and C. Gómez de Barreda Ferraz, "Benefits and disadvantages of BIM for construction Project Management," 2014.
- [138] R. Sacks and R. Barak, "Impact of three-dimensional parametric modeling of buildings on productivity in structural engineering practice," *Autom. Constr.*, vol. 17, no. 4, pp. 439–449, 2007.
- [139] A. K. D. Wong, F. K. Wong, and A. Nadeem, "Comparative roles of major stakeholders for the implementation of BIM in various countries," *Hong Kong Polytech. Univ.*, 2009.
- [140] R. Eadie, H. Odeyinka, M. Browne, C. McKeown, and M. Yohanis, "Building Information Modelling Adoption: An Analysis of the Barriers to Implementation," *J. Eng. Archit.*, vol. 2, no. 1, pp. 77–101, 2014.
- [141] McGraw-Hill, *Smartmarket report: The business value of BIM in North America*. New York, 2012.
- [142] C. Monfort Pitarch, "Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura: Un proyecto con REVIT (2 de 3)." 2015.
- [143] McGraw Hill, "The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How contractors around the world are driving innovations with Building Information Modelling," *Smart Mark.*, 2014.

- [144] McGraw Hill, "The business value of BIM in Europe," *Get. Build. Inf. Model. Bottom Line U. K. Fr. Ger. ISBN*, pp. 978–1, 2010.
- [145] M. Kassem and S. Amorim, "BIM–Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia," *Brasília Minist. Planej. Orçam. E Gest.*, 2015.
- [146] B. T. Johnson and D. E. Gunderson, "Educating Students CONCERNING Recent trends AEC: A Survey of ASC Member Programs," in *Intl. Proceedings of the 45th Annual Conference*, Gainesville, Florida, 2009.
- [147] Y. H. Ahn, C.-S. Cho, and N. Lee, "Building information modeling: Systematic course development for undergraduate construction students," *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, vol. 139, no. 4, pp. 290–300, 2013.
- [148] R. Sacks and R. Barak, "Impact of Three-dimensional Parametric Modeling of Buildings on Productivity in Structural Engineering Practice," *Autom. Constr.*, vol. 17, no. 4, pp. 439–449, 2007.
- [149] CabinetOffice, "Government Construction Strategy," HMSO, London, UK, 2011.
- [150] A. J. Gerrard, J. Zuo, G. Zillante, and M. Skitmore, "Building information modeling in the Australian architecture engineering and construction industry," in *In Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies*, Jason Underwood and Umit Isikdag, 2010, pp. 521–544.
- [151] NBS, "NBS National BIM Report 2012," London, 2012, vol. Royal Institute of British Architects, RIBA.
- [152] Masterspec, "New Zealand National BIM Survey 2012," New Zealand, 2012.
- [153] C. Finne, M. Hakkarainen, and A. Malleson, "Finnish BIM Survey 2013." 2013.
- [154] Digicon, "Digicon/ IBC National BIM Survey." 2013.
- [155] NBS, "NBS National BIM Report 2014," London, 2014, vol. Royal Institute of British Architects, RIBA.
- [156] P. E. Love, I. Simpson, A. Hill, and C. Standing, "From justification to evaluation: Building information modeling for asset owners," *Autom. Constr.*, vol. 35, pp. 208–216, 2013.
- [157] R. R. Issa and P. Suermann, "Evaluating industry perceptions of building information modeling (BIM) impact on construction," *J Inf Technol Constr*, vol. 14, pp. 574–594, 2009.
- [158] C. Lee, "BIM: Changing the AEC Industry," in *PMI Global Congress*, Denver, Colorado, USA, 2008.
- [159] A. Khanzode, M. Fischer, and D. Reed, "Benefits and lessons learned of implementing building virtual design and construction (VDC) technologies for coordination of mechanical, electrical, and plumbing (MEP) systems on a large Healthcare project," *ITCon Electron. J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 13, pp. 324–342, 2008.
- [160] Y. E. Kalay, *Architecture's new media: principles, theories, and methods of computer-aided design*. MIT Press, 2004.

- [161] B. Succar, "Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders," *Autom. Constr.*, vol. 18, no. 3, pp. 357–375, 2009.
- [162] AENOR, "Estándares en apoyo del BIM. Informes de Normalización," <http://www.aenor.es/>, 2016. [Online]. Available: <http://www.aenor.es/aenor/actualidad/actualidad/noticias.asp?campo=1&codigo=42364&tipon=>. [Accessed: 20-Jan-2017].
- [163] B. McAuley, A. Hore, and R. West, "BICP Global BIM Study - Lessons for Ireland's BIM Programme," *Y Rep.*, Feb. 2017.
- [164] D. Puche and E. Humberto, "Nuevas tecnologías en la enseñanza de la ingeniería civil: BIM y realidad virtual," 2014.
- [165] K. Ananiadou and M. Claro, "Habilidades y competencias del siglo XXI para los aprendices del nuevo milenio en los países de la OCDE," *Organ. Para Coop. El Desarro. Económico Recuperado Httprecursostic Educ. EsblogseuropamediablogseuropainformesHabilidadesycompetenciassiglo21OCDE Pdf*, 2010.
- [166] M. A. Moreira *et al.*, "Las políticas educativas TIC en España después del Programa Escuela 2.0: las tendencias que emergen," *Rev. Latinoam. Tecnol. Educ.-RELATEC*, vol. 13, no. 2, pp. 11–33, 2014.
- [167] J. Uceda, S. Barro, F. Llorens, and J. Franco, "UNIVERSITIC 2010: Evolución de las TIC en el sistema Universitario Español 2006-2010," in *Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE)*, 2010.
- [168] R. M. Rodríguez-Izquierdo, "Repensar la relación entre las TIC y la enseñanza universitaria: problemas y soluciones," 2011.
- [169] N. García, I. Asensio, R. Carballo, M. García, and S. Guardia, "Guía para la labor tutorial en la universidad en el Espacio Europeo de Educación Superior," *Recuperado Httpwww Unex Esunexoficinasoearchivosficherosdocumentosmecestudioy analisislab ortutorial PdfConsulta 16 Oct. 2010*, 2004.
- [170] J. Salinas, "Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria," *RUSC Univ. Knowl. Soc. J.*, vol. 1, no. 1, p. 3, 2004.
- [171] E. Redondo, D. Fonseca, L. Giménez, G. Santana, and I. Navarro, "Alfabetización digital para la enseñanza de la arquitectura. Un estudio de caso," *Arquitectura Rev.*, vol. 8, no. 1, Jun. 2012.
- [172] D. Smit, J. Wall, and M. Betts, "A45 ICT curriculum design to bridge the gap between industry and academia," 2005.
- [173] S. Álvarez *et al.*, "Actitudes de los profesores ante la integración de las TIC en la práctica docente: estudio de un grupo de la Universidad de Valladolid," *Edutec Rev. Electrónica Tecnol. Educ.*, no. 35, 2011.
- [174] M. Kindelán, A. M. Martín, and others, "Ingenieros del siglo XXI: importancia de la comunicación y de la formación estratégica en la doble esfera educativa y profesional del ingeniero," *Arbor*, vol. 184, no. 732, pp. 731–742, 2008.

- [175] T. Shawki, C. Wachholz, G. Haddad, and J. Dauphin, *Estándares de competencia en TIC para docentes*. París, Francia: Unesco. Recuperado de <http://www.eduteka.org/pdfdir/UNESCOEstandaresDocentes.pdf>. Lewis McAnally Salas mcanally@uabc.edu.mx Investigador ordinario de carrera titular C en el Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo de la Universidad Autónoma de Baja California, 2008.
- [176] A. B. Mirete Ruiz, "TIC y enfoques de enseñanza y aprendizaje en Educación Superior," Universidad de Murcia, 2014.
- [177] E. Richards and C. Clevenger, "Interoperable learning leveraging building information modeling (BIM) in construction management and structural engineering education," in *Proceedings of 47th ASC Annual International Conference*, 2011.
- [178] J. Macdonald and J. E. Mills, "Can BIM be Used to Improve Building Design Education?," in *Australasian Universities Building Education Association (AUBEA)*, Melbourne, Australia, 2010, pp. 1–8.
- [179] J. A. Macdonald, "A framework for collaborative BIM education across the AEC disciplines," in *37th Annual Conference of Australasian University Building Educators Association (AUBEA)*, Sydney, Australia, 2012.
- [180] M. B. Barison and E. T. Santos, "BIM teaching strategies: an overview of current approaches," in *Computing in Civil and Building Engineering*, Nottingham, UK, 2010, p. 577.
- [181] D. Forgues, S. Staub-French, and L. M. Farah, "Teaching Building Design and Construction Engineering. Are we ready for the paradigm shift?," *Proc. Can. Eng. Educ. Assoc.*, 2011.
- [182] P. Meadati and J. Irizarry, "BIM-A New Teaching Tool," in *Proceedings of the ASEE Southeast Section Conference, American Society for Engineering Education*, 2011.
- [183] M. Prensky, "Digital natives, digital immigrants part 1," *Horiz.*, vol. 9, no. 5, pp. 1–6, 2001.
- [184] J. M. Taylor, J. Liu, and M. F. Hein, "Integration of Building Information Modeling (BIM) into an ACCE Accredited Construction Management Curriculum," presented at the Proceedings of the International 44th Annual Conference Associated Schools of Construction, Auburn, Alabama, 2008, p. 2.
- [185] A. Ghosh and A. D. Chasey, "Design engineer construct integrated management lab: Leveraging Collaboration in the classroom with Virtual Design and Construction through BIM," presented at the Building Innovation 2013 Conference & Expo, National Institute of Building Science, 2013.
- [186] M. de la C. Aguilar García, "Drawing vs. Building Information Management from drawing to BIM," 2010.
- [187] R. Sacks and R. Barak, "Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education: Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice: (ASCE)," *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, no. 136(1), pp. 30–38, Mar. 2009.

- [188] M. Ibrahim and A. Okeil, "Building Information Modeling in Architectural Education: The Case of the Middle East," in *Construction Challenges in the New Decade*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2011.
- [189] J. Irizarry and P. Meadati, "Use of interactive Display Technology for Construction Education Applications," in *American Society for Engineering Education Southeastern Section Annual Conference*, 2009, pp. 5–7.
- [190] J. Boon and C. Prigg, "Releasing the potential of BIM in construction education," in *Management and Innovation for a Sustainable Built Environment MISBE 2011, Amsterdam, The Netherlands, June 20-23, 2011*, 2011.
- [191] M. Dupuis, B. Thompson, L. Bank, and J. Herridge, "Experiences implementing an undergraduate civil engineering course in BIM," presented at the Annual Conference & Exposition, 2008.
- [192] R. Ibrahim and F. Pour Rahimian, "Comparison of CAD and manual sketching tools for teaching architectural design," *Autom. Constr.*, vol. 19, no. 8, pp. 978–987, Dec. 2010.
- [193] L. Giménez Mateu, G. J. Nocito Marasco, E. Redondo Domínguez, and J. M. Regot Marimón, "El dibujo de arquitectura como caso de estudio: análisis integral de las aptitudes gráficas de los estudiantes en la educación secundaria y universitaria en Cataluña: propuestas de mejora e incorporación de las TIC'S," 2011.
- [194] J. I. Santos, J. M. Galán, L. R. Izquierdo, and R. del Olmo, "Aplicaciones de las TIC en el nuevo modelo de enseñanza del EEES," *Dir. Organ.*, no. 39, pp. 5–11, 2009.
- [195] J. Sánchez Bautista, "El ordenador en la didáctica del Dibujo Técnico.," 1996.
- [196] M. A. Fortea, "Metodologías didácticas para la enseñanza/aprendizaje de competencias," *Trab. Present. En Curso CEFIRE "Competencias En El Ámbito Las Cienc. Exp. Programar Trab. Por Competencias" Castellón Recuperado Httpcefire Edu Gva Espluginfile Php73850modfoldercontent0MiguelA ForteaMetodologiasdidacticasE-AcompetenciasFORTEA Pdf*, 2009.
- [197] M. Navas, "COMPETENCIAS EMERGENTES DEL DOCENTE ANTE LAS DEMANDAS DEL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR.," *Rev. Esp. Educ. Comp.*, no. 16, 2010.
- [198] K. E. Hedges and A. S. Denzer, "Visualizing energy: how BIM influences design choices," in *ASME 2007 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, 2007, pp. 567–574.
- [199] M. Forehand, "Bloom's taxonomy," *Emerg. Perspect. Learn. Teach. Technol.*, pp. 41–47, 2010.
- [200] L. W. Anderson, D. R. Krathwohl, and B. S. Bloom, *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Allyn & Bacon, 2001.

- [201] S. Magennis and A. Farrell, "Teaching and learning activities: Expanding the repertoire to support student learning," *Emerg. Issues Pract. Univ. Learn. Teach.*, vol. 1, 2005.
- [202] R. Puentedura, "Transformation, technology, and education," *Present. August*, vol. 18, p. 2006, 2006.
- [203] "NMC Horizon Report > 2016 Higher Education Edition," *The New Media Consortium*. .
- [204] M. De Miguel Díaz, *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias: orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior*. Servicio de Publicaciones. Universidad de Oviedo, 2005.
- [205] A. Llorens García, "Propuesta metodológica para la determinación y el aprendizaje de las competencias genéricas clave del/la ingeniero/a tic y percepción diferencial del mercado entre el grado y el postgrado o máster," 2012.
- [206] D. McGough, A. Ahmed, and S. Austin, "Integration of BIM in higher education: Case study of the adoption of BIM into coventry university's department of civil engineering, architecture and building," 2013.
- [207] ANECA, "GUÍA DE APOYO para la elaboración de la MEMORIA DE VERIFICACIÓN DE TÍTULOS OFICIALES UNIVERSITARIOS (Grado y Máster)." 16-Jan-2012.
- [208] Proyecto Tuning, "Tuning educational structures in Europe," *Inf. Final Bilbao Univ. Deusto*, 2003.
- [209] B. Succar, W. Sher, and A. Williams, "An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application," *Autom. Constr.*, vol. 35, pp. 174–189, Nov. 2013.
- [210] L. E. Alonso, C. J. Fernández, and J. M. Nyssen, "El debate sobre las competencias," *Una Investig. Cual. En Torno Educ. Super. El Merc. Trab. En Esp. Madr. ANECA*, 2009.
- [211] D. Newble, R. Cannon, and Z. Kapelis, "Helping students learn," *Handb. Med. Teach.*, pp. 1–13, 2001.
- [212] M. B. Barison and E. T. Santos, "Educational Activities for the Teaching-Learning of BIM," presented at the I Internationa BIM Conference, Porto, 2013.
- [213] NATSPEC, "BIM education - Global - Summary Report - 2013." 2014.
- [214] W. Lu, Y. Peng, Q. Shen, and H. Li, "Generic Model for Measuring Benefits of BIM as a Learning Tool in Construction Tasks," *J. Constr. Eng. Manag.-Asce*, vol. 139, no. 2, pp. 195–203, Feb. 2013.
- [215] M. B. Barison and E. T. Santos, "The competencies of BIM specialists: a comparative analysis of the literature review and job ad descriptions," in *Proc., Int. Workshop on Computing in Civil Engineering, ASCE, Reston, VA*, 2011.
- [216] V. Sah and Cory, "Building Information Modeling: An Academic Perspective," presented at the The 2008 IAJC-IJME International Conference, 2008.
- [217] S. Guidera, "Digital Design, BIM, and Digital Fabrication: Utilization and Integration in Architectural Engineering Curriculums," 2007.

- [218] S. Suwal, P. Jäväjä, M. A. Rahman, and V. Gonzalez, "Exploring BIM-based education perspectives," *AUBEA-2013*, 2013.
- [219] K. Rooney, "BIM Education—Global Summary Report," *NATSPEC Constr. Inf. Syd. Aust.*, 2014.
- [220] M. M. Ibrahim, "Thinking the BIM Way," *ECAADe 2013*, vol. 2, no. Computation and Performance, 2013.
- [221] M. M. Ibrahim, "Teaching BIM, what is missing?," in *3rd Int'l ASCAAD Conference on Em "body"ing Virtual Architecture*, 2007.
- [222] D. Weber and K. E. Hedges, "From CAD to BIM: The engineering student perspective," *AEI*, pp. 1–8, 2008.
- [223] R. Sacks, R., Barak, "Teaching building information modeling as an integral part of freshman year civil engineering education," *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, 2010.
- [224] J. C. Gardner, M. R. Hosseini, R. Rameezdeen, and N. Chileshe, "Building Information Modelling (BIM) Education in South Australia: Industry Needs," 2014.
- [225] S. Ren and W. Zhang, "Application of BIM software in construction design education," 2014.
- [226] T. Hartmann and M. Fischer, "Supporting the constructability review with 3D/4D models," *Build. Res. Inf.*, vol. 35, no. 1, pp. 70–80, 2007.
- [227] R. Du, E. Foo, C. Boyd, and B. F. Fitzgerald, "Secure communication protocol for preserving E-tendering integrity.," 2004.
- [228] R. Dean, "Building Information Modeling (BIM): Should Auburn University Teach BIM to Building Science Students," *Grad. Capstone Dep. Build. Sci. Auburn Univ.*, 2007.
- [229] T. Kocaturk and A. Kiviniemi, "Challenges of Integrating BIM in Architectural Education," 2013.
- [230] M. M. Joannides, S. Olbina, and R. R. Issa, "Implementation of building information modeling into accredited programs in architecture and construction education," *Int. J. Constr. Educ. Res.*, vol. 8, no. 2, pp. 83–100, 2012.
- [231] J. MacDonald and J. Mills, "An IPD approach to construction education," *Australas. J. Constr. Econ. Build.*, vol. 13, no. 2, pp. 93–103, 2013.
- [232] M. Mandhar, M. Mandhar, and others, "BIMing the architectural curricula: integrating Building Information Modelling (BIM) in architectural education," *Int. J. Archit.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–20, 2013.
- [233] F. J. Sabongi, "The Integration of BIM in the Undergraduate Curriculum: an analysis of undergraduate courses," in *Proc., 45th Annual Conference of ASC*, 2009.
- [234] P. Meadati and J. Irizarry, "BIM—a knowledge repository," in *Proceedings of the 46th Annual International Conference of the Associated Schools of Construction*, Retrieved November, 2010, vol. 12, p. 2010.
- [235] J. I. Messner, S. C. Yerrapathruni, A. J. Baratta, and V. E. Whisker, "Using virtual reality to improve construction engineering education,"

- in *American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, 2003.
- [236] D. M. Gier, "Integrating Building Information Modeling (BIM) into Core Courses within a Curriculum: A Case Study," *Int. J. Eng. Res. Gen. Sci.*, vol. 3, no. 1, 2015.
- [237] M. B. Barison and E. T. Santos, "BIM teaching: Current international trends," *Gest. Tecnol. Proj.*, vol. 6, no. 2, pp. 67–80, Feb. 2012.
- [238] M. Mathews, "BIM collaboration in student architectural technologist learning," *J. Eng. Des. Technol.*, vol. 11, no. 2, pp. 190–206, 2013.
- [239] M. B. Barison and E. T. Santos, "Review and analysis of current strategies for planning a BIM curriculum," in *Proc., CIB W78 2010 27th International Conference*, 2010, pp. 1–10.
- [240] K. A. Wong, F. K. Wong, and A. Nadeem, "Building information modelling for tertiary construction education in Hong Kong," *J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 16, pp. 467–476, 2011.
- [241] J. Jurado Egea, "Aprendizaje integrado en arquitectura con modelos virtuales: implementación de metodología BIM en la docencia universitaria," *Arquitectura*, 2016.
- [242] Ó. Liébana Carrasco, "La enseñanza de BIM en la Universidad. Ingeniería Civil," presented at the BIM, en el futuro de las infraestructuras, Madrid, 2016.
- [243] F. Peterson, T. Hartmann, R. Fruchter, and M. Fischer, "Teaching construction project management with BIM support: Experience and lessons learned," *Autom. Constr.*, vol. 20, no. 2, pp. 115–125, Mar. 2011.
- [244] S. Aly, "BIM and its future in Undergraduate Architectural Science Capstone Projects," in *Proceedings –Building Innovation 2014 Conference & Expo*, Washington DC, 2014.
- [245] A. Kiviniemi, "Challenges and Opportunities in the BIM Education: How to Include BIM in the Future Curricula of AEC Professionals," 2013.
- [246] C. M. Clevenger, M. Ozbek, S. Glick, and D. Porter, "Integrating BIM into construction management education," in *Proc., The BIM–Related Academic Workshop*, 2010.
- [247] J. Lucas, "Deriving learning outcomes for BIM implementation into the CSM curriculum based on industry expectation," in *Proceedings of the 50th ASC Annual International Conference*, 2014.
- [248] C. Monson, "Student collaboration as the foundation for learning BIM software: Ideas from a project-based introduction," in *BIM Academic Symposium*, Washington, D.C., 2013.
- [249] A. Chegu Badrinath, Y. Chang, and S. Hsieh, "A review of tertiary BIM education for advanced engineering communication with visualization," *Vis. Eng.*, vol. 4, no. 1, Dec. 2016.
- [250] W. Wu and R. R. Issa, "BIM Education for New Career Options: An Initial Investigation," in *BIM Academic Workshop*, 2013.
- [251] D. K. Smith and M. Tardif, *Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers*. John Wiley & Sons, 2009.

- [252] C. A. Nome, L. Cabizuca, S. V. Goulart, F. O. Pereira, and A. T. Pereira, "BIM BR: Uma proposta de modelo para desenvolvimento e teste de processos e protocolos para uso de tecnologías BIM," *XIII Encontro Nac. Tecnol. Ambiente Construído ENTAC*, 2010.
- [253] J. ARNAL, D. DEL RINCÓN, and A. LATORRE, *Investigación Científica. Fundamentos y Metodologías*. Editorial Labor, Barcelona (España), 1994.
- [254] J. Dedrick, V. Gurbaxani, and K. L. Kraemer, "Information technology and economic performance: A critical review of the empirical evidence," *ACM Comput. Surv. CSUR*, vol. 35, no. 1, pp. 1–28, 2003.
- [255] R. Kohli and S. Devaraj, "Measuring information technology payoff: A meta-analysis of structural variables in firm-level empirical research," *Inf. Syst. Res.*, vol. 14, no. 2, pp. 127–145, 2003.
- [256] L. C. Darós, C. P. Morera, and C. S. Mascarell, "Competencias que ofrecen las universidades españolas que imparten el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales," *WPOM*, vol. 2, no. 1, pp. 31–38, 2011.
- [257] L. B. ANECA, "Título de Grado en Ingeniería de Edificación," *Agencia Nac. Eval. Calid. Acreditación*, 2004.
- [258] L. B. ANECA, "Títulos de Grado de Ingeniería Civil," *Proy. ANECA Para Diseño Tít. Grado Ing. Civ.*, 2005.
- [259] J. D. Lang, S. Cruse, F. D. McVey, and J. McMasters, "Industry expectations of new engineers: A survey to assist curriculum designers," *J. Eng. Educ.*, vol. 88, no. 1, pp. 43–51, 1999.
- [260] M. J. García García, M. Terrón López, and Y. Blanco Archilla, "Desarrollo de recursos docentes para la evaluación de competencias genéricas," *ReVisión*, vol. 3, no. 2, 2010.
- [261] M. R. González, "El enfoque por competencias en el EEES y sus implicaciones en la enseñanza y el aprendizaje," *Tend. Pedagógicas*, vol. 13, p. 79, 2008.
- [262] Y. H. Ahn, R. P. Annie, and H. Kwon, "Key competencies for US construction graduates: Industry perspective," *J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract.*, vol. 138, no. 2, pp. 123–130, 2012.
- [263] A. E. A. Commission, "Criteria for accrediting engineering programs 2005-2006, November 1 2004," *Retrieved Febr.*, vol. 2, 2015.
- [264] U. K. Elinwa and O. P. Agboola, "Beyond BIM – A Classroom Approach To Virtual Design Education," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 83, pp. 393–397, Jul. 2013.
- [265] A. Fontana, J. H. Frey, and N. K. Denzin, "The Sage handbook of qualitative research," *Thousand Oaks Calif Sage*, 2005.
- [266] M. Q. Patton, *Qualitative evaluation and research methods*. SAGE Publications, inc, 1990.
- [267] S. Zapata, M. I. Lund, M. Herrera, and N. Recabarren, "Elaboración de un cuestionario fiable para medir Satisfacción de Alumnos de Cursos Universitarios de Ingeniería de Software," in *The Seventh International*

- Conference on Engineering and Technology Education–Intertech 2002, 2002.*
- [268] J. Nunnally, *Psychometric methods*. New York: McGraw-Hill, 1978.
- [269] E. G. Carmines and R. A. Zeller, *Reliability and validity assessment*, vol. 17. Sage publications, 1979.
- [270] F. Michavila, J. M. Martínez, M. Martín-González, F. J. García-Peñalvo, and J. Cruz-Benito, *Barómetro de Empleabilidad y Empleo de los Universitarios en España, 2015 (Primer informe de resultados)*. Observatorio de Empleabilidad y Empleo Universitarios, 2016.
- [271] A. F. March, "Nuevas metodologías docentes," *Talleres Form. Profr. Para Converg. Eur. Impartidos En UPM*, 2005.

Anexo B. PÁGINAS WEB CONSULTADAS

<http://www.buildingsmart.es/index.php/building-smart-spanish-chapter>

<http://www.plataformaptec.com/>

<http://www.euroconstruct.org/>

<http://www.fiec.eu/>

<http://www.cnc.es/>

www.linkedin.com

<http://www.bimthinkspace.com/>

<http://www.esbim.es/>

<https://www.nationalbimstandard.org/>

<https://www.architecture.com/RIBA/Professionalsupport/BIM.aspx>

<http://www.bimtaskgroup.org/>

<http://www.acercas.com/>

<http://www.csuc.cat/es/bibliotecas-cbuc/tesis-doctorales-en-red-tdr-0>

<http://www.rebiun.org/Paginas/Inicio.aspx>

<https://www.recursocientificos.fecyt.es/>

<https://scholar.google.es/>

<http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/TaxonomiaBloomDigital>

<http://www.sciencedirect.com/>

<https://www.educacion.gob.es/teseo/>

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0024&from=ES>

http://www.nibs.org/?page=conference_bim

Anexo C. CUESTIONARIOS

➤ Borrador Cuestionario inicial antes de la formación BIM. CI

PAG.1 ACERCA DE USTED

- 1 Sexo hombre/mujer
- 2 Edad 20-24 años/25-34 años/35-44 años/45-54 años
- 3 Región donde vive
- 4 Ocupación trabaja/estudia/desempleado/otro
- 5 Indique la empresa en la que trabaja o la universidad en la que estudia
- 6 Titulación universitaria

PAG. 2 FORMACIÓN

- 7 ¿Emplea alguna herramienta CAD 2D para el desarrollo de su actividad?

sí no nc

- 8 En caso afirmativo, indique qué tipo de formación ha recibido:

Formación universitaria
Formación en entidades privadas
Formación continua en empresa
Autoformación

- 9 ¿Cuál ha sido el software empleado?
- 10 ¿Emplea alguna herramienta CAD 3D para el desarrollo de su actividad?
- sí no nc
- 11 En caso afirmativo, indique qué tipo de formación ha recibido:
- Formación universitaria
- Formación en entidades privadas
- Formación continua en empresa
- Autoformación
- 12 ¿Cuál ha sido el software empleado?
- 13 ¿Ha oído hablar de la tecnología BIM o alguno de los software: Archicad, Allplan, Revit?
- Mucho Algo Poco Nada
- 14 ¿Tiene conocimientos sobre la tecnología BIM?
- Muchos Algunos Pocos Ninguno

PAG. 3 EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

- 15 ¿Cree necesario que se produzca una evolución tecnológica en la enseñanza universitaria?
- Mucho Bastante Poco Nada

16 ¿Considera importante que la formación universitaria fomente el trabajo colaborativo y multidisciplinar?

Muy importante Importante Poco Importante Nada importante

17 ¿Cree necesario que la tecnología BIM se incorpore en los planes de estudios universitarios de arquitectura e ingeniería?

Sí no Indiferente

18 ¿Cuál es su predisposición a aprender nuevos softwares relacionados con el sector?

Muy buena Buena Poca Nada

19 ¿Cuál cree que es la principal causa para no implantar esta tecnología en los planes de estudios actuales?

Falta de personal capacitado

Falta de experiencia

Altos costes de implantación

Dificultad para aprender las aplicaciones informáticas

PAG. 4 ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS

20 Valore en qué medida cree que la formación universitaria recibida puede ayudarle a adquirir cada una de las siguientes competencias básicas

Mucho Bastante Poco Nada

Capacidad de análisis y síntesis
Capacidad de organización y planificación
Comunicación oral y escrita
Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio
Capacidad de gestión de la información
Resolución de problemas
Toma de decisiones
Trabajo en equipo
Trabajo en equipo de carácter interdisciplinar
Habilidades en las relaciones interpersonales
Razonamiento crítico
Compromiso ético
Aprendizaje autónomo
Adaptación a nuevas situaciones
Creatividad
Liderazgo

21 ¿Cuáles crees que son las principales habilidades con las que los profesionales del sector deben contar en la actualidad?

Idiomas
Nuevas tecnologías

Comunicación
Otros

PAG. 5 VALORACIÓN GENERAL Y COMENTARIOS

22 ¿Considera que la Universidad se está quedando rezagada respecto a las nuevas tecnologías que se emplean en la industria?

Sí No NC

23 Opine sobre cualquier cuestión relacionada con la tecnología BIM

➤ Cuestionario definitivo antes de la formación BIM. CD

PAG.1 ACERCA DE USTED

1 Sexo hombre/mujer

2 Edad 20-24 años/25-34 años/35-44 años/45-54 años

3 Ocupación trabaja/estudia/desempleado/otro

4 Titulación universitaria y especialidad

PAG. 2 FORMACIÓN

5 Durante la formación universitaria recibida indique qué softwares o aplicaciones informáticas han sido empleadas (AutoCAD, Cype, Presto, SketchUp...)

6 ¿Emplea alguna herramienta CAD 2D para el desarrollo de su actividad?

sí no nc

7 En caso afirmativo, indique qué tipo de formación ha recibido:

Formación universitaria

Formación en entidades privadas

Formación continua en empresa
Autoformación

- 8 ¿Cuál ha sido el software empleado?
- 9 ¿Emplea alguna herramienta CAD 3D para el desarrollo de su actividad?
- sí no nc
- 10 En caso afirmativo, indique qué tipo de formación ha recibido:
- Formación universitaria
Formación en entidades privadas
Formación continua en empresa
Autoformación
- 11 ¿Cuál ha sido el software empleado?
- 12 ¿Ha oído hablar de la tecnología BIM o alguno de los software: Archicad, Allplan, Revit?
- Mucho Algo Poco Nada
- 13 ¿Tiene conocimientos sobre la tecnología BIM?
- Muchos Algunos Pocos Ninguno
- 14 En caso afirmativo, indique qué tipo de formación ha recibido:
- Formación universitaria
Formación en entidades privadas

Formación continua en empresa
Autoformación

15 ¿Cuál ha sido el software empleado?

Archicad Allplan Revit Otro

PAG. 3 EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

16 ¿Cree necesario que se produzca una evolución tecnológica en la enseñanza universitaria?

Mucho Bastante Poco Nada

17 ¿Considera importante que la formación universitaria fomente el trabajo colaborativo y multidisciplinar?

Muy importante Importante Poco Importante Nada importante

18 ¿Cree necesario que la tecnología BIM se incorpore en los planes de estudios universitarios de arquitectura e ingeniería?

Sí no Indiferente

19 ¿Cuál es su predisposición a aprender nuevos softwares relacionados con el sector?

Muy buena Buena Poca Nada

20 ¿Cuál cree que es la principal causa para no implantar esta tecnología en los planes de estudios actuales?

Falta de personal capacitado
Falta de experiencia
Altos costes de implantación
Dificultad para aprender las aplicaciones informáticas

PAG. 4 ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS y HABILIDADES

21 Valore en qué medida cree que la formación universitaria recibida puede ayudarle a adquirir cada una de las siguientes competencias básicas

Mucho Bastante Poco Nada

Capacidad de análisis y síntesis
Capacidad de organización y planificación
Comunicación oral y escrita
Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio
Capacidad de gestión de la información
Resolución de problemas
Toma de decisiones
Trabajo en equipo
Trabajo en equipo de carácter interdisciplinar
Habilidades en las relaciones interpersonales
Razonamiento crítico
Compromiso ético
Aprendizaje autónomo
Adaptación a nuevas situaciones
Creatividad
Liderazgo
Mucho

22 Por favor, valore la influencia que tendrá la tecnología BIM en las 4 destrezas más importantes identificadas por las necesidades de la industria:

Mucho Bastante Poco Nada

Detección de conflictos y coordinación

Programación y visualización 4D

Control de calidad

Cuantificación y estimación

Entendimiento de procesos constructivos

23 ¿Cuáles crees que son las principales habilidades con las que los profesionales del sector deben contar en la actualidad?

Idiomas

Nuevas tecnologías

Comunicación

Otros

24 ¿Qué beneficios cree que le proporcionará adquirir conocimientos sobre la tecnología BIM?

Confianza para encontrar empleo a nivel nacional

Confianza para encontrar empleo a nivel internacional

Mejor comprensión del proyecto

Mayor coordinación

Participación en proyectos internacionales

Otro

PAG. 5 VALORACIÓN GENERAL Y COMENTARIOS

25 ¿Está usted satisfecho con la formación recibida en nuevas tecnologías para el desarrollo de la actividad laboral?

Muy satisfecho Satisfecho Poco satisfecho Nada satisfecho

26 ¿Considera que la Universidad se está quedando rezagada respecto a las nuevas tecnologías que se emplean en la industria?

Sí No NC

27 Opine sobre cualquier cuestión relacionada con la tecnología BIM

➤ Cuestionario definitivo después de la formación BIM.

PAG.1 ACERCA DE USTED

1 Sexo hombre/mujer

2 Edad 20-24 años/25-34 años/35-44 años/45-54 años

3 Ocupación trabaja/estudia/desempleado/otro

4 Titulación universitaria y especialidad

PAG. 2 METODOLOGÍA BIM

5 ¿Tienes claro el concepto de BIM?

Sí No

6 Define brevemente el concepto BIM

PAG. 3 APRENDIZAJE DEL SOFTWARE BIM

7 Indica el grado de dificultad que le ha supuesto el aprendizaje del software empleado

Muy fácil Fácil Difícil Muy difícil

8 En referencia al software empleado, ¿cuáles han sido las 3 principales dificultades encontradas?

9 ¿Cuántas horas has necesitado invertir en el aprendizaje del software empleado para iniciar el proyecto?

30-40 40-50 50-60 otro

10 ¿Cuáles han sido los recursos empleados, para el apoyo de este aprendizaje?

Libros y tutoriales Web Cursos Otros

11 ¿Cree necesario que BIM se incorpore en los planes de estudio universitario de arquitectura e ingeniería?

Sí No Indiferente

12 ¿En qué curso cree que sería adecuado empezar a formar a los alumnos con habilidades BIM?

1º 2º 3º 4º

13 ¿Cuál cree que es la principal causa para no implantar la tecnología BIM en los planes de estudio actuales?

Falta de personal capacitado

Falta de experiencia

Altos costes de implantación

Dificultad para aprender aplicaciones informáticas

Otro

14 ¿Crees que el aprendizaje de BIM te ha facilitado la comprensión de la asignatura?

Sí No NC

15 ¿Crees que los conocimientos BIM adquiridos se pueden emplear en otras asignaturas?

Sí No NC

16 ¿Cuál cree que es la principal causa para no implantar esta tecnología en los planes de estudios actuales?

Falta de personal capacitado

Falta de experiencia

Altos costes de implantación

Dificultad para aprender las aplicaciones informáticas

PAG. 4 COMPETENCIAS

17 Valore en qué medida cree que BIM puede potenciar cada una de las siguientes competencias básicas

Mucho Bastante Poco Nada

Capacidad de análisis y síntesis

Capacidad de organización y planificación

Comunicación oral y escrita

Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio

Capacidad de gestión de la información

Resolución de problemas

Toma de decisiones

Trabajo en equipo

Trabajo en equipo de carácter interdisciplinar

Habilidades en las relaciones interpersonales

Razonamiento crítico

Compromiso ético
Aprendizaje autónomo
Adaptación a nuevas situaciones
Creatividad
Liderazgo

18 ¿Cree que BIM favorece el trabajo colaborativo y multidisciplinar?

Mucho Bastante Poco Nada

19 Por favor, valora la influencia que tendrá la tecnología BIM en las destrezas más importantes identificadas por las necesidades de la industria:

Mucho Bastante Poco Nada

Detección de conflictos y coordinación
Programación y visualización 4D
Control de calidad
Cuantificación y estimación
Entendimiento de procesos constructivos

20 ¿Qué beneficios cree que le proporcionará adquirir conocimientos sobre la tecnología BIM?

Confianza para encontrar empleo a nivel nacional
Confianza para encontrar empleo a nivel internacional
Mejor comprensión del proyecto
Mayor coordinación
Participación en proyectos internacionales
Otro

PAG. 5 LA ASIGNATURA

21 ¿Cómo cree que se ha estructurado la asignatura?

Muy bien Bien Regular Mal

22 ¿Cómo has afrontado las clases?

Con ilusión y motivación Por obligación Con desgana Con frustración

23 ¿Crees que el nuevo planteamiento de la asignatura se acerca a la realidad profesional?

Mucho Bastante Poco Nada

24 ¿Cuál es su grado de satisfacción con el nuevo planteamiento de la asignatura?

Muy satisfecho Satisfecho Poco satisfecho Nada satisfecho

25 Exponga 3 aspectos positivos de esta experiencia

26 Exponga 3 aspectos negativos de esta experiencia

27 ¿Cree que la docencia ha estado a la altura de las nuevas exigencias?

Sí No Mejorable

28 En referencia a BIM, ¿cómo han sido las explicaciones del profesor?

Buenas Suficientes Mejorables Insuficientes

29 ¿Cree importante que las nuevas tecnologías se usen más en la docencia universitaria?

Si No NC

30 ¿Crees que el nuevo diseño del seguimiento de la asignatura te va a ayudar a aprobarla?

Sin duda Eso espero Lo dudo Seguro que no

31 Comentarios personales

Anexo D. GLOSARIO

Terminología empleada, acrónimos, siglas y traducciones:

- ABP, aprendizaje basado en problemas
- AOP, aprendizaje orientado a proyectos
- AEC, Architecture, Engineering & Construction
- AIA, American Institute of Architects. Asociación de arquitectos de los estados Unidos. Su gran aportación al BIM reside en la definición de los niveles de desarrollo (LOD) para sistematizar y unificar el grado de fiabilidad de la información contenida en un modelo BIM
- BAF, BIM Academic Forum. Foro academic BIM
- BEP, BIM execution plan. Plan de ejecución BIM. Documento en el que se definen las bases, reglas y normas internas de un proyecto que se va a desarrollar con BIM, para que todos los implicados hagan un trabajo coordinado y coherente.
- BIM, Building Information Modeling. Modelo de información del edificio/construcción.
- BIM Forum, asociación de varias entidades estadounidenses (AGC, AIA, ...) para facilitar y acelerar el uso del BIM.

- BIR, Bouw informatie Raad. Consejo nacional BIM
- BSA Building Smart Alliance, Asociación internacional sin ánimo de lucro que pretende mejorar la eficacia en el sector de la construcción a través del uso de estándares abiertos de interoperabilidad sobre BIM y de modelos de negocio orientados a la colaboración para alcanzar nuevos niveles en reducción de costes y plazos de ejecución.
- CAD (Computer Aided design). Diseño Asistido por ordenador. Herramienta informática que facilita la elaboración de diseños y planos por ordenador, sustituyendo a las herramientas clásicas de dibujo como el tablero, la escuadra o el compás. Las entidades que manejan estas aplicaciones son de tipo geométrico, con pocas o ninguna posibilidades de añadir más información
- CAM, Computer Aided Manufacturing. Fabricación asistida por ordenador.
- CAE, Computer Aided Engineering. Ingeniería asistida por ordenador.
- CEBOK, The Civil Engineering Body of knowledge
- CIC, Construction Industry Council. Consejo de la industria de la construcción.
- COBIM, Conjunto de documentos sobre requisitos comunes BIM elaborado en Finlandia y que sirve de base para las guías UBIM en España.
- COBle, construction operations building information Exchange. Formato de intercambio de información de la construcción.

- EEES: Espacio Europeo de Educación Superior
- Forsvarsbygg, Agencia Noruega responsable de la gestión de la propiedad
- IFC. *"Industry Foundation Classes"*, Industry Foundation Classes. Formato de fichero estándar elaborado por la BSA (BuildingSmart Alliance) para facilitar el intercambio de información entre aplicaciones informáticas en un flujo de trabajo BIM.
- IPD, (integrated projects development). Entrega integrada de proyectos supone un método de trabajo mucho más eficiente y con el que se puede además conseguir diseños más económicos y sostenible
- Lean Construction, o "Construcción sin Pérdidas" cuya función es minimizar o eliminar todas aquellas fuentes que implique pérdidas, en el entendido que estas pérdidas implican menor productividad, menor calidad, más costes, etc.
- LOD: level of development. Nivel de desarrollo.
- Modelos o planos As-Built: representan el estado real de la instalación en el momento de estudio. As-built. ("como construido"). Son los planos finales que recaban todas las modificaciones que se han ido realizando durante la ejecución de la obra. Muestran el estado real de lo construido. Los planos as built son los planos definitivos de obra una vez que ésta se ha terminado, es decir, son los últimos planos de la obra en los que aparecen recogidos todos los cambios que haya habido a lo largo de toda la ejecución de la obra. Son los planos finales actualizados por decirlo de alguna manera.
- OCDE, Organización para la Cooperación y Desarrollo económicos. Es un organismo de cooperación internacional, cuyo objetivo es coordinar las políticas económicas y sociales.

- Quantity Take-Off, obtención de datos de mediciones de un modelo
- RGD, Rijksgebouwendienst. Agencia gubernamental del edificio.
- RFI, request for information. Solicitud de información complementaria. Incidencia que se produce durante la presentación de una oferta o la ejecución de un trabajo, por la que un contratista solicita más información a causa de que la disponible inicialmente en el proyecto era confusa, insuficiente o ambigua.
- Stakeholders, Agentes interesados o intervinientes. Conjunto de personas que intervienen o tienen intereses en cualquier parte del proceso de edificación.
- SBM, Statsbygg Building Information Modelling Manual Take-Off, obtención de datos de un modelo
- TIC/NTIC, Tecnologías de la Información y la Comunicación. Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación.
- UBIM, usuarios BIM. Iniciativa nacida en 2013 en España para elaborar unos documentos guía para facilitar la implantación y el uso del BIM en España.

