



29º CONGRESO INTERNACIONAL INGEGRAF

La Transformación Digital en la Ingeniería Gráfica

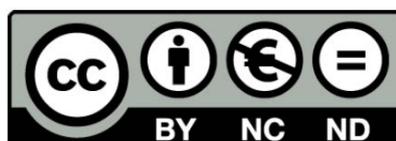
Experiencias metodológicas para una enseñanza/aprendizaje
innovadora de la Ingeniería Gráfica



Editores
Félix Sanz-Adán
Jacinto Santamaría-Peña



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**



29º CONGRESO INTERNACIONAL INGEGRAF, La Transformación Digital en la Ingeniería Gráfica, Experiencias metodológicas para una enseñanza/aprendizaje innovadora de la Ingeniería Gráfica, editado por Félix Sanz Adán y Jacinto Santamaría Peña, se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

© Logroño, 2019

© INGEGRAF. Asociación Española de Ingeniería Gráfica

© Editada por: Félix Sanz Adán (felix.sanz@unirioja.es) y
Jacinto Santamaría Peña (jacinto.santamaria@unirioja.es)

© Los autores

© Universidad de La Rioja

Edita: Universidad de La Rioja

Diseño de Portada: Asociación "Igual a tí. Plena inclusión".

ISBN 978-84-09-12347-6 (edición digital, PDF)

Sirvan estas palabras de agradecimiento a todas las personas que han colaborado en la edición de este libro y a todas aquellas, que a lo largo de los años de Ingegraf, han hecho posible que hoy estemos aquí, especialmente a todos los que han participado en su Junta Directiva.

Como viene siendo habitual desde sus primeras ediciones, el Congreso Ingegraf mantiene el propósito, propio de su carácter de foro de encuentro y debate, de contribuir al intercambio de ideas y experiencias relacionadas con el área de la Ingeniería Gráfica. Los temas que se presentan son una muestra de los avances y los retos con los que nos enfrentamos.

Paz Morer

Presidenta de Ingegraf

Conferencias

Aprendizaje de nuevas tendencias CAD mediante técnicas cooperativas

Representación del producto mediante modelos 3D vs 2D

Enseñanza-Aprendizaje del Dibujo Técnico Basado en Proyectos

Diseño de proyectos de construcción con tecnología Open BIM

Enseñanza virtual. Plataforma Poliforman

El modelo de Clase Invertida en la ingeniería y en el área de la Expresión Gráfica

“Learn design by doing”

Presentación del product. Realidad Aumentada

La Enseñanza de Gráficos en la Ingeniería en Francia

La Enseñanza de Gráficos en la Ingeniería en Italia

La Enseñanza de Gráficos en la Ingeniería en los Centros Tecnológicos de reputación internacional

La Innovación Docente en la Carrera Profesional del Profesorado

Encuesta

Competencias y habilidades gráficas del ingeniero

PRESENTACIÓN

Ingegraf. 30 años juntos

Hace 30 años (1989), el colectivo de profesores universitarios de Expresión Gráfica en la Ingeniería celebró el primer congreso en Huelva y fundó la Asociación INGEGRAF con el objetivo de “realizar cuantas actividades tiendan a impulsar, potenciar, orientar, coordinar, desarrollar y promover en sus vertientes científica y técnica, la investigación, la innovación, la transferencia de tecnología y la divulgación de la expresión gráfica en la Ingeniería”.

En 1997 se celebró el primer seminario italo-español organizado conjuntamente por INGEGRAF y ADM (Associazione di Disegno di Macchina); sirvan estas breves líneas de homenaje póstumo a nuestros queridos colegas y amigos Xoan Leiceaga y Vito Cardone, dos de los más entusiastas promotores de esta alianza que se ha fortalecido en estos 22 años de trayectoria conjunta.

En 2011, en el congreso conjunto de Venecia, se incorporó a esta alianza la asociación francesa S.mart (Systems Manufacturing Academics and Resources Technologies). Los tres colectivos formamos un grupo que engloba el diseño, el cálculo y la fabricación del producto. Esta colaboración ha favorecido la internalización de los congresos y una demostrable mejora en la calidad de los trabajos de investigación, consiguiendo el objetivo de publicar las comunicaciones aceptadas en un libro indexado en Scopus y en Web of Science y, las mejor valoradas por el Comité Científico, en revistas indexadas JCR.

Respecto al segundo objetivo de INGEGRAF, la docencia, es manifiesta la dispersión de criterios que existe sobre cómo adaptar la enseñanza/aprendizaje de la Ingeniería Gráfica, para responder a la nueva realidad provocada por la Transformación Digital en la representación de los objetos y a las necesidades de la Industria 4.0.

A lo largo de estos 30 años, la evolución de las tecnologías infográficas ha cambiado radicalmente el instrumental de dibujo y de diseño, y la capacidad de abordar con mayor eficiencia, la representación gráfica de objetos con una topología mucho más compleja.

Transformación ampliamente debatida en el 29 Congreso de Ingegraf, celebrado en La Rioja (España), en junio de 2019, a través de innovadoras experiencias metodológicas sobre la docencia de Ingeniería Gráfica en España y en Centros Tecnológicos de referencia Internacional, sin olvidar su importancia en la carrera profesional del profesor.

Aspiramos a que este Congreso se recuerde por haber supuesto un punto de inflexión en la tarea pendiente de conseguir alinear la enseñanza/aprendizaje de las asignaturas de expresión gráfica en la Ingeniería, con el desempeño de la profesión de ingeniero.

Agradecimientos: Al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de La Rioja, a los Colegios Profesionales de Ingenieros Industriales y de Ingenieros Técnicos industriales por su colaboración, a la Junta Directiva de Ingegraf por haber confiado en nosotros en la organización de este Congreso, a los miembros del Comité Científico por su colaboración desinteresada y eficaz, y a los miembros del Comité Local por su entusiasta y responsable participación en la organización de Ingegraf-19.

Félix Sanz Adán

Catedrático de Universidad

Presidente del Comité Organizador

INDICE

CAPÍTULO I. NUEVAS TENDENCIAS EN DIBUJO Y DISEÑO	13
I.1. Aprendizaje de nuevas tendencias CAD mediante técnicas cooperativas	15
1 Introducción	15
2 Nuevas tendencias del CAD	16
3 Propuesta docente	19
4 Conclusiones	26
I.2. Representación del producto mediante modelos 3D vs 2D	29
1 Introducción	29
2 Objetivos	30
3 Metodología	31
4 Necesidades del MBD	36
5 Conclusiones	45
I.3. Enseñanza-Aprendizaje del Dibujo Técnico Basado en Proyectos	47
1 Introducción	48
2 Contexto de la Experiencia Docente	49
3 Objetivos	51
4 Metodología	52
5 Resultados	65
I.4 Diseño de Proyectos de Construcción con Tecnología Open BIM	67
1 Introducción	67
2 BIM Caminos Santander	69
3 Conclusiones	76
CAPÍTULO II. INNOVACIÓN DOCENTE. EXPERIENCIAS	77
II.1. El modelo de Clase Invertida en la ingeniería y en el área de la Expresión Gráfica	79
1 Introducción	79
2 El modelo de la clase invertida	80
3 Panorama de la investigación sobre la clase invertida en los estudios de ingeniería ...	85
4 Experiencia en la Escuela de Ingenierías de Industriales de la Universidad de Málaga ...	90
5 Conclusiones	91

II.2. Una experiencia de “Learn desing by doing”	95
1 Introducción	95
2 “Learning by doing”	96
3 Ventajas e inconvenientes	98
4 Caso práctico	99
5 Conclusiones	100
II.3. Presentación de producto. Realidad aumentada aplicada a la docencia	103
1 Introducción	104
2 Objetivos	105
3 Material y métodos	106
4 Resultados	109
5 Conclusiones	111
II.4. Enseñanza virtual. Plataforma Poliformat	113
1 Introducción	113
2 Objetivos	114
3 Material y métodos	116
4 Resultados	117
5 Conclusiones	119
CAPÍTULO III. LA EXPRESIÓN GRÁFICA EN INGENIERÍA EN EL S.XXI	121
III.1. La enseñanza de Gráficos en la Ingeniería en Francia	123
1 Introducción	123
2 Antes el bachillerato	124
3 Después del bachillerato	125
4 Conclusiones	127
III.2. Graphical Teaching in Engineering – Italy	129
1 Introduction	129
2 The state of industrial technical design in Italy	130
3 Graphical teaching: challenges	135
4 Conclusion	138
III.3. La docencia de la Expresión Gráfica en la Ingeniería en el S.XXI. Grado de Ingeniería Mecánica	141
1 Introducción	141
2 Objetivo	142

3 Metodología	143
4 Resultados	143
5 Síntesis de los resultados	153
6 Discusión	157
7 Conclusión	158
III.4. La innovación docente en la carrera profesional del profesorado	161
1 Introducción	161
2 Programas relativos a profesorado en las distintas agencias de calidad universitaria	163
3 El programa DOCENTIA	176
4 Análisis y estrategias	177
5 Conclusiones	179
CAPÍTULO IV. COMPETENCIAS Y HABILIDADES GRÁFICAS DEL INGENIERO	181
1 Contexto	181
IV.1. Aprendizaje y Enseñanza de Ingeniería Gráfica en la España en el Siglo XXI	183
1 Objetivos	183
2 Metodología	183
2 Representatividad de las encuestas	188
3 Resultados	189
4 Conclusiones	203
IV.2. Aprendizaje y Enseñanza de Ingeniería Gráfica en el Mundo del Siglo XXI	205
1 La enseñanza/aprendizaje de Gráficos en Ingeniería en Francia e Italia	205
2 Universidades y Centros Tecnológicos reconocidos mundialmente	206
3 Discusión de resultados y conclusiones	206

ÍNDICE DE AUTORES

Amezua, Xabier	15-27
Arancón, David	29-46
Blázquez-Parra, Elidia Beatriz	79-93
De Napoli, Luigi	129-139
Díaz Severiano, José Andrés	67-76
Dunai, Larisa	113-120
Félez, Jesús	161-180
Fernández Cañavate, Francisco	103-112
Garmendia, Mikel	15-27
Gómez-Jáuregui, Valentín	181-207
Lengua, Ismael	113-120
Manchado, Cristina	181-207
Martínez Muneta, M. Luisa	95-101
Mínguez, Rikardo	181-207
Miralbes Buil, Ramón	47-66
Miravet Garret, Laia	79-93
Moncho Santonja, María	113-120
Morer, Paz	3
Ojados, Dolores	103-112
Otero González, César	141-160
Paredes, Manuel	123-128
Parras, Dolores	103-112
Peris-Fajarnés, Guillermo	113-120
Peña, J. Antonio	47-66
Santamaría-Peña, Jacinto	29-46; 181-207
Sanz-Adán, Félix	29-46; 181-207
Solaberrieta Méndez, Eneko	15-27

CAPÍTULO I

NUEVAS TENDENCIAS EN DIBUJO Y DISEÑO

Eneko Solaberrieta Méndez, Universidad UPV/EHU

**Aprendizaje de nuevas tendencias en Diseño Asistido por Ordenador mediante
Técnicas Cooperativas**

David Arancón Pérez, Universidad de La Rioja

Representación del producto mediante modelos 3D vs 2D

Ramón Miralbes Buil, Universidad de Zaragoza

Enseñanza-Aprendizaje Basado en Proyectos

José Andrés Díaz Severiano, Universidad de Cantabria

Diseño de Proyectos de Construcción con Tecnología Open BIM

I.1. Aprendizaje de nuevas tendencias CAD mediante técnicas cooperativas

Solaberrieta, Eneko*; Garmendia, Mikel; Amezua, Xabier

Dpto. de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería. Universidad del País Vasco UPV/EHU

eneko.solaberrieta@ehu.eus

Resumen

En este trabajo se presenta una propuesta de innovación docente para aprender nuevas tendencias del CAD de forma cooperativa, mediante la técnica del puzle (jigsaw). Esto implica cambiar los roles tanto del alumno como del docente, con un doble objetivo: que el alumnado adquiriera conocimientos sobre tres campos emergentes en el CAD (el Diseño Generativo, la Fabricación Aditiva y la Realidad Aumentada) y que el alumnado desarrolle competencias transversales de gran utilidad en la práctica profesional de la ingeniería (como por ejemplo la resolución de problemas, el planteamiento y valoración de distintas soluciones, el aprendizaje autónomo o el trabajo en equipo). En esta propuesta el alumnado es el centro del proceso de aprendizaje, ya que tiene que trabajar de forma autónoma, cooperando al mismo tiempo en grupo, y en continua interacción tanto entre ellos como con el docente. De esta manera se pretende desarrollar un proceso de aprendizaje responsable y significativo, muy distinto al tradicional.

Palabras clave: Aprendizaje Cooperativo, Diseño en Ingeniería, Ingeniería Gráfica, Enseñanza-Aprendizaje, Diseño Generativo, Realidad Aumentada, Fabricación Aditiva.

1. Introducción

El campo del diseño asistido por ordenador (Computer Aided Design, CAD) está en constante desarrollo desde sus comienzos, y los avances que se han dado en los últimos años han sido rápidos y significativos. Prueba de ello es que en la actualidad se desarrollan nuevas versiones de software CAD comerciales con una frecuencia prácticamente anual ofreciendo nuevas herramientas para el diseño. Por esta razón, cualquier docente que imparta docencia en asignaturas del área de conocimiento de la Ingeniería Gráfica debe estar actualizado en las nuevas tendencias de diseño y en las herramientas que ofrecen los nuevos entornos de CAD, entre las cuales se encuentran hoy en día la Ingeniería Inversa, el Diseño Generativo, el MBD (*Modeling Based Definition*), la Fabricación Aditiva o la Realidad Aumentada (Figura 1).

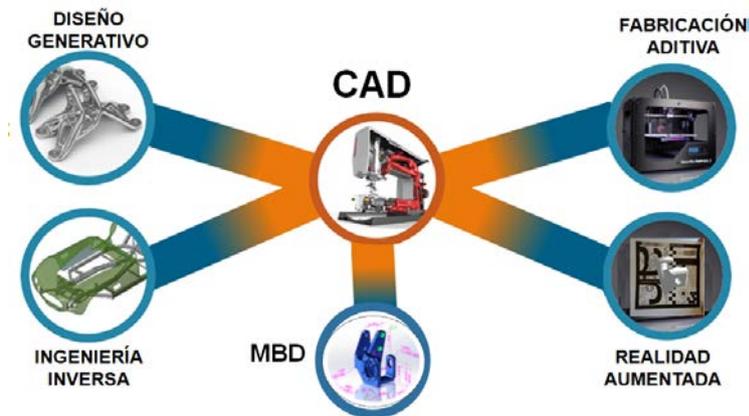


Figura 1. Esquema de campos emergentes relacionados con el CAD.

Sin embargo, la limitación de los créditos asignados a las asignaturas de CAD en los planes de estudio hace difícil ir más allá de propuestas que tienen como objetivo la enseñanza de conocimientos básicos de diseño. A esto hay que añadir la problemática de qué estrategias de enseñanza pueden ser más efectivas a la hora de enseñar estos contenidos de alto nivel de dificultad, tanto a nivel conceptual como a nivel práctico. Por ello, en general estos conocimientos avanzados no se abordan en los contenidos de las asignaturas de CAD, y de hacerlo se abordan únicamente de manera descriptiva. Por ello, en el presente trabajo se describe una propuesta de innovación docente desarrollada en la asignatura optativa "Diseño Asistido por Ordenador (CAD)" adscrita al Departamento de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería de la UPV/EHU e impartida en la Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa, que recurre a estrategias cooperativas para que el alumnado conozca y aprenda a nivel introductorio tres de estas nuevas tendencias que van a encontrar cuando ejerzan su profesión: el Diseño Generativo, la Fabricación Aditiva y la Realidad Aumentada. Esta propuesta ha sido implementada durante los dos últimos cursos académicos, obteniendo una buena valoración por parte del alumnado.

2. Nuevas tendencias del CAD

Como ya se ha mencionado, en este trabajo se plantea una propuesta de innovación docente para aprender las siguientes nuevas tendencias del CAD de forma cooperativa: el Diseño Generativo, la Fabricación Aditiva y la Realidad Aumentada. A continuación, se describe brevemente cada una de estas tres nuevas tendencias que se han trabajado en clase.

2.1 Diseño Generativo (DG)

El Diseño Generativo (*Generative Design*) es un enfoque moderno para la síntesis de alternativas de diseño mediante la exploración de todo el espacio de diseño para lograr objetivos tales como el cumplimiento estructural mínimo, atendiendo a un conjunto de requisitos y restricciones funcionales basados en la geometría, las especificaciones de los materiales y las consideraciones de fabricación [1]. Un precursor de esta tecnología es la Optimización Topológica (*Topology Optimization*). El Diseño Generativo está empezando a estar

disponible en paquetes CAD como *NX*, *Solid Edge*, *CATIA* o *Autodesk* y, a diferencia de su precursor, el software explora todas las posibles permutaciones de una solución, generando rápidamente alternativas de diseño [2, 3, 4, 5]. El principal objetivo de esta herramienta es el aligeramiento estructural (reducción de masa y volumen) manteniendo las funcionalidades mecánicas del componente objetivo (Figura 2). Por lo tanto, esta herramienta es útil para el desarrollo de diseños para aplicaciones en las que el peso de los componentes es crucial, por ejemplo, para la industria aeroespacial.

En definitiva, a un alto nivel, el Diseño Generativo es relativamente simple ya que se trata de una capacidad de las aplicaciones CAD que genera de forma autónoma una serie de alternativas de diseño con un número determinado de restricciones [5]. Esto se puede hacer sin la guía o interacción del usuario, liberándolo para otras tareas.

De esta manera, el diseño generativo genera formas complejas altamente personalizadas que pueden ser utilizadas para simulación de diseños o fabricadas mediante procesos de fabricación como la Fundición o Fabricación Aditiva.

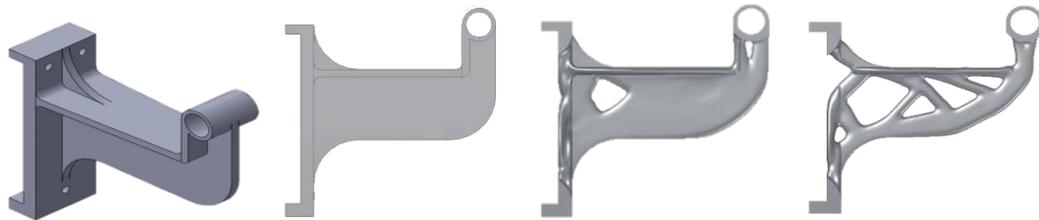


Figura 2. Ejemplos de un diseño generativo utilizando Solid Edge.

2.2 Fabricación Aditiva (FA)

La Fabricación Aditiva (*Additive Manufacturing*) se trata del proceso de unión de materiales para fabricar piezas u objetos a partir de datos de modelos 3D, generalmente capa a capa, en oposición a métodos de fabricación mediante eliminación de material y de conformado [6]. Hoy en día existen diversas tecnologías de Fabricación Aditiva basadas en diferentes principios básicos [7]. Una primera clasificación de estas tecnologías, que hoy en día se encuentra prácticamente en desuso, es la que atiende al destino final de la pieza fabricada y que en origen servía para distinguir tecnologías de bajo nivel (prototipado) o de alto nivel (fabricación) [8]:

- Tecnología de Prototipado Rápido o Rapid Prototyping (RP), si lo que se pretende fabricar es un prototipo.
- Tecnología de Fabricación Directa o Rapid Manufacturing (RM), si lo que se pretende fabricar es una pieza final y, por lo tanto, el producto es plenamente funcional.

Dependiendo de factores como el uso y requerimientos finales de la pieza a fabricar o de su cantidad, debe ser el usuario quien decida qué tecnología utilizar. Cabe destacar que la fabricación aditiva toma más importancia cuando la geometría de la pieza a fabricar es compleja, ya que, la fabricación de estas geometrías mediante tecnologías de fabricación convencionales no siempre es posible, y de serlo, en la mayoría de los casos suele ser muy

compleja, lo que se traduce en un alto coste temporal y económico. Por ello, entre otros, la Fabricación Aditiva está estrechamente relacionada con el Diseño Generativo (Figura 3).



Figura 3. Ejemplo de un prototipo de Diseño Generativo fabricado a través de la impresora 3D *Dimension Elite* de *Stratasys*, basado en la tecnología FDM (*Fused Deposition Modeling*).

2.3 Realidad Aumentada (RA)

La Realidad Aumentada (RA) es el aumento del mundo real mediante entradas sensoriales (como visuales o sonido) digitalmente generadas [9]. De esta manera, la Realidad Aumentada complementa el mundo real con objetos virtuales (generados por ordenador) que parecen coexistir en el mismo espacio que el mundo real [10] (Figura 4). Actualmente, la tecnología que permite que la Realidad Aumentada sea posible es mucho más potente y compacta que nunca [11], por lo que su área de aplicación se está extendiendo a áreas como la medicina, industria, publicidad, entretenimiento y educación.

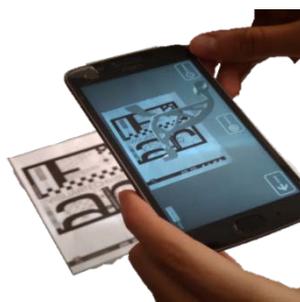


Figura 4. Ejemplo de visualización en un dispositivo móvil de una pieza obtenida por diseño generativo.

En el área de conocimiento de la Ingeniería Gráfica, tanto a nivel educativo como a nivel práctico, el potencial que tiene la realidad aumentada en el desarrollo de la capacidad espacial puede ayudar en la lectura e interpretación de planos industriales [12], sobre todo, a medida que el Diseño Generativo tome más fuerza y se generen piezas de geometría compleja para los cuales una visualización interactiva tenga más sentido que las vistas ortográficas.

3. Propuesta docente

A continuación, se presenta la propuesta docente implementada, comentando el enfoque didáctico planteado, y su aplicación a través de un ejemplo de actividad utilizando la técnica del puzle o *jigsaw*.

3.1 La asignatura Diseño Asistido por Ordenador

La asignatura “Diseño Asistido por Ordenador (CAD)” es una asignatura optativa adscrita al departamento de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería de la UPV/EHU e impartida en el 4º curso del Grado en Ingeniería Mecánica en la Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa. En esta asignatura se plantean adquirir los objetivos de aprendizaje y competencias establecidas en los planes de estudios, de forma que el alumnado reciba unos conocimientos actualizados y conformes a la situación científica vigente. Con ello, se pretende mantener un equilibrio entre una sólida formación general y la necesidad de presentar una visión de los temas más avanzados. La asignatura tiene asignados 4,5 créditos ECTS, y al tratarse de una asignatura optativa e impartirse en un aula de ordenadores, tiene como máximo 20 alumnos matriculados.

3.2 Enfoque didáctico

Hasta hace pocos años la enseñanza del CAD ha tenido un enfoque tradicional en el cual el docente transmitía sus conocimientos a los alumnos a través de la resolución de ejercicios tipo y el alumno los replicaba para una casuística igual o similar. Esta estrategia es efectiva y adecuada especialmente cuando los conocimientos que se pretenden enseñar son cerrados y siguen un proceso de resolución único. Sin embargo, en la actualidad, la tecnología avanza a tal velocidad, que los conocimientos que necesitará aplicar el futuro ingeniero ni siquiera han sido desarrollados todavía. Así pues, nuestros egresados tendrán que enfrentarse a situaciones problemáticas que no se han dado hasta el momento, y tendrán que aprender conocimientos que todavía no han sido desarrollados. La capacidad de enfrentarse a nuevos problemas y de actualizar conocimientos de forma autónoma es, de hecho, una necesidad en la actualidad. Esta realidad cambiante nos lleva a la necesidad de considerar algunas claves a la hora de seguir una estrategia docente.

Por lo tanto, se debe empezar a plantear al alumnado situaciones en las que tiene que encontrar una solución a un problema o situación de forma autónoma, y no a limitarse a entender una resolución expuesta por el docente. El docente toma el rol de acompañante del proceso de aprendizaje y ayuda a que el alumno siga su propio proceso, actuando únicamente en caso de necesidad.

Al tratarse de un proceso complejo, un planteamiento exclusivamente individual puede llevar a planteamientos infructuosos, por el hecho de abordar el problema únicamente con los conocimientos previos que se disponen, sin añadir nuevos conocimientos o estrategias. Por este motivo, es necesaria la interacción tanto con otros estudiantes cómo con el docente, en un proceso de enseñanza centrado en el análisis y la valoración de alternativas, a través de la discusión en pequeños grupos.

En la siguiente figura se ilustran los dos enfoques de procesos de enseñanza-aprendizaje comentados anteriormente (Figura 5).

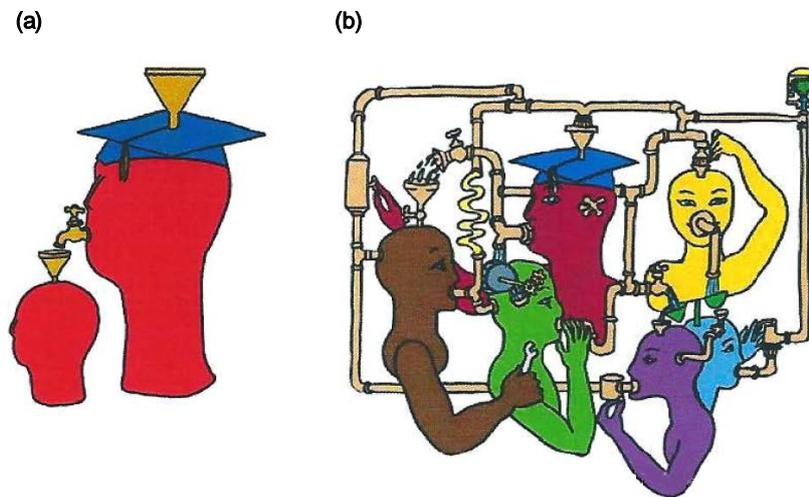


Figura 5. Dos modelos de procesos de enseñanza-aprendizaje, dibujados por Lila Smith en 1975: a) Modelo tradicional o magistral “pour it in” y b) modelo cooperativo “keep it flowing” [13].

La característica principal de las técnicas cooperativas es que las actividades de aprendizaje están diseñadas de forma que crean una *interdependencia* entre los estudiantes que forman un grupo, y “obligan” a todos sus miembros a participar en la actividad al asignarles partes de la tarea grupal, e introducir además una *exigibilidad individual* o rendición de cuentas. Implica además la *interacción cara a cara* entre estudiantes, el desarrollo de *habilidades de trabajo en equipo*, y la reflexión o *valoración del grupo* sobre el proceso de aprendizaje seguido en la actividad. De las diversas técnicas o dinámicas cooperativas existentes se ha elegido en este caso la del puzle o jigsaw, adaptándola a aprender tres de las nuevas tendencias de CAD: Diseño Generativo, Fabricación Aditiva y Realidad Aumentada.

3.3 Aprendizaje cooperativo

3.3.1 La técnica del puzle (jigsaw)

Se describe a continuación la actividad que es la adaptación de la técnica de aprendizaje cooperativo conocida como puzle o *jigsaw* para el aprendizaje de tres nuevas tendencias del CAD, mencionadas anteriormente, y representadas en la Figura 6. Esta actividad promueve la discusión y la evaluación de alternativas del procedimiento, y ayuda a afrontar el problema desde diferentes perspectivas. El desarrollo de la actividad es el siguiente:

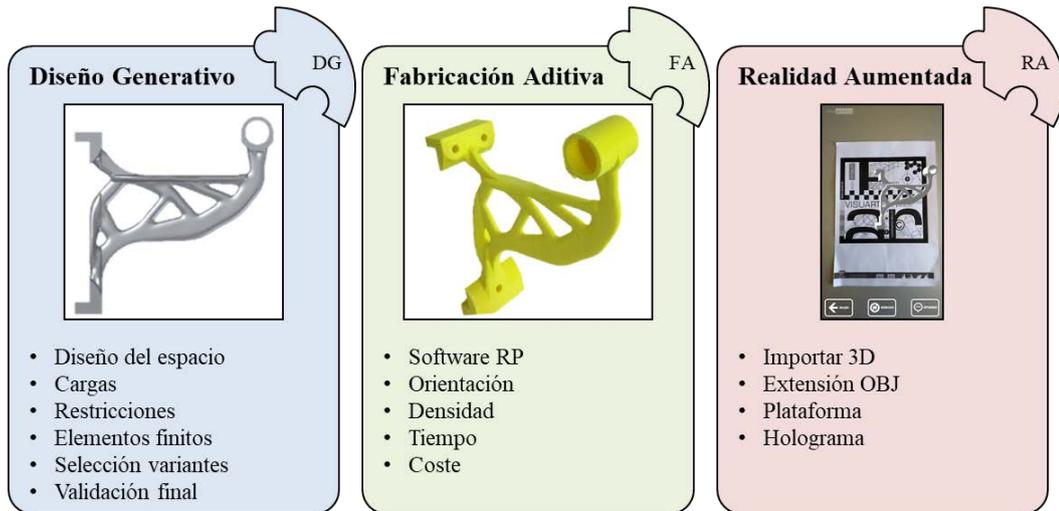


Figura 6. Nuevas tendencias del CAD a aprender mediante la técnica del puzzle o *jigsaw*.

- **Fase 1:** El docente explica la dinámica de la actividad a la clase. Se crean los “grupos de origen” formados por tres estudiantes y a cada integrante se le asigna una tarea o problema diferente; en este caso, desarrollar una pieza mediante Diseño Generativo, fabricar la misma pieza mediante Fabricación Aditiva, y aplicar a la pieza Realidad Aumentada (Figura 7).
- **Fase 2:** Cada integrante de los “grupos de origen” estudia de forma individual el contenido del problema asignado y elabora un planteamiento (Figura 7). Es decir, trabajan individualmente y desarrollan el planteamiento del proceso a seguir en la tarea asignada.

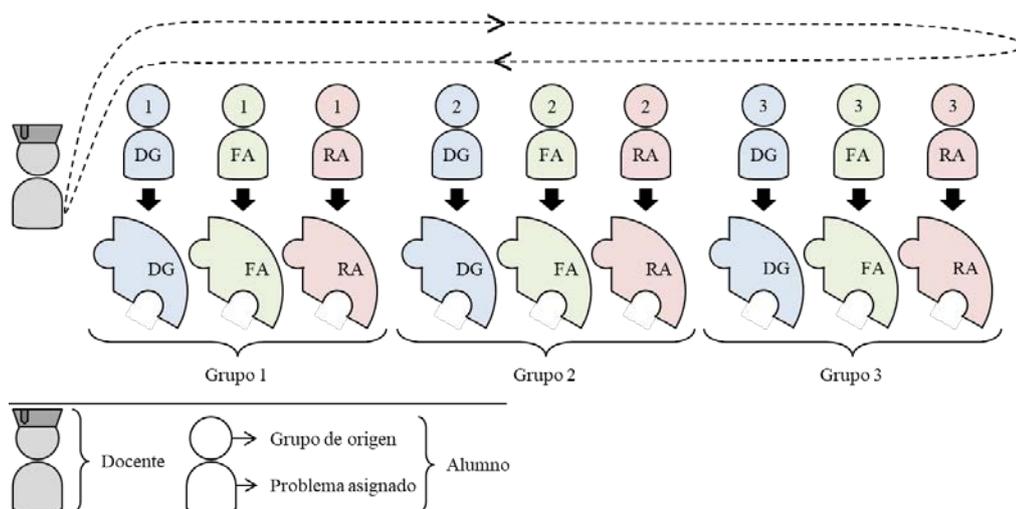


Figura 7. Puzzle de problemas. Fase 1 y 2: Asignar un problema a cada miembro y analizar individualmente su resolución.

- **Fase 3:** El docente organiza diferentes reuniones de expertos (Figura 8) en las que los integrantes de distintos “grupos de origen”, pero que han trabajado el mismo problema comparten sus planteamientos y dudas sobre la resolución del problema.

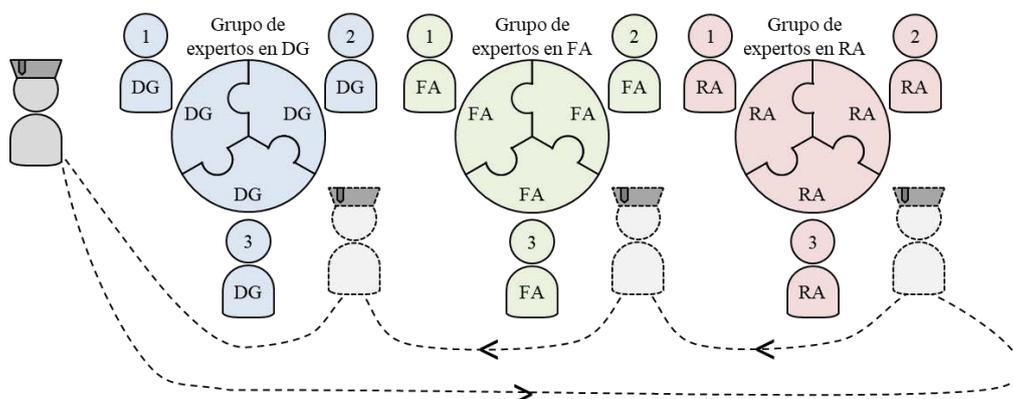


Figura 8. Puzzle de problemas. Fase 3: Reuniones de expertos.

- **Fase 4:** Cada alumno lleva a cabo la resolución del problema asignado fuera de clase (Figura 9).

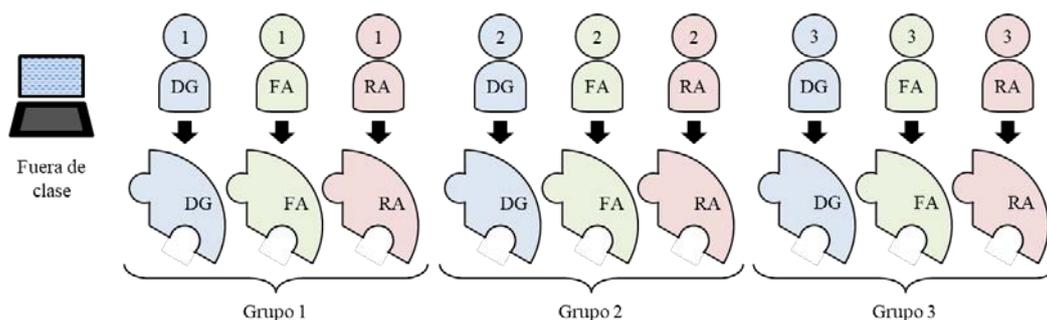


Figura 9. Puzzle de problemas. Fase 4: Resolución del problema asignado.

- **Fase 5:** En la siguiente sesión repiten las “reuniones de expertos” (ver Figura 8) con los mismos miembros que realizaron la reunión para compartir las resoluciones individuales y las dudas surgidas durante su elaboración. Se llega a un acuerdo sobre el camino a seguir para resolver el problema de forma óptima.
- **Fase 6:** Se reúnen los “grupos de origen” para que cada integrante explique al resto la resolución del problema que ha sido consensuado en la “reunión de expertos” (Figura 10).

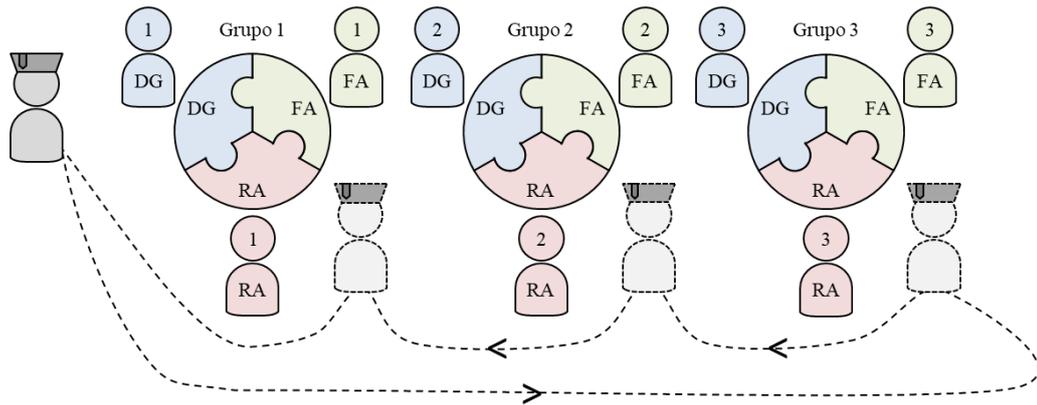


Figura 10. Puzzle de problemas. Fase 6: Puesta en común en el grupo origen.

- **Fase 7:** Cada integrante de los “grupos de origen” resuelve uno de los problemas que no se le ha sido asignado y que por lo tanto ha sido expuesto por uno de los integrantes de su grupo (Figura 11). Esta fase también se lleva a cabo fuera de clase.

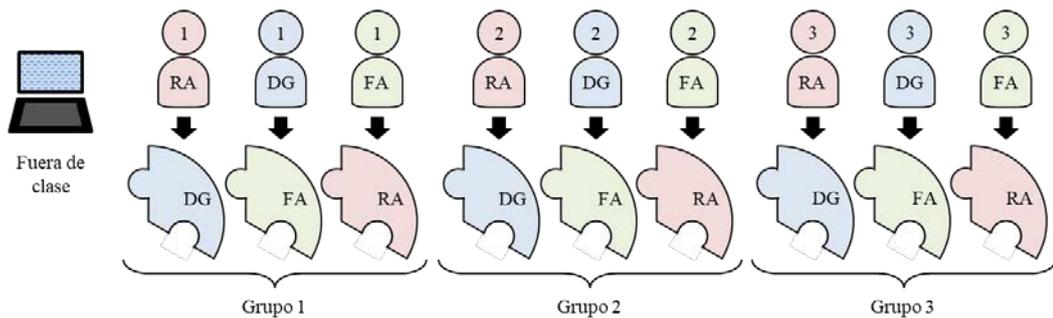


Figura 11. Puzzle de problemas. Fase 7: Ejecución individual de uno de los problemas no asignados.

- **Fase 8:** Cada integrante de los “grupos de origen” supervisa el tercer problema que todavía no se le ha asignado y lo ha llevado a cabo otro integrante del grupo (Figura 12).

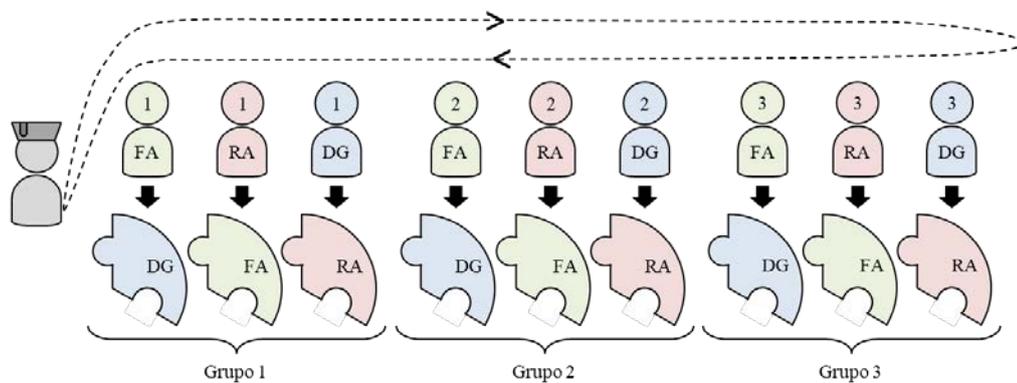


Figura 12. Puzzle de problemas. Fase 8: Supervisión individual del restante problema no asignado.

Resumiendo, cada alumno participa en alguna de las fases de resolución en cada uno de los tres problemas planteados, de manera que adquiere conocimientos de todos ellos.

Una vez terminadas las fases, los problemas revisados se entregan con el visto bueno del grupo e indicando quién ha participado en cada etapa del problema, para que en el caso de que se haya cometido algún error, el docente pueda identificar qué integrantes del grupo han sido los responsables, o por qué el revisor no lo detectó a tiempo. Esta actividad concluye con el *feedback* del profesor en la siguiente sesión.

En esta actividad, los alumnos trabajan individualmente procesos metacognitivos como la planificación, resolución de problemas, y la revisión de diseños CAD. Además, a nivel grupal, la discusión y el llegar a consensos en grupos reducidos hacen que el proceso de resolución sea público y se someta a revisión continúa optimizando la solución en un proceso iterativo. Por último, el docente juega el papel de acompañante supervisando todo el proceso, interviniendo únicamente cuando considere necesario, con el objetivo de ayudar en el proceso de aprendizaje.

La técnica de puzle que se ha propuesto, en concreto, se basa en tres problemas diferentes relacionados con el CAD y con sus aspectos clave. Pero cabe mencionar que la técnica del puzle se puede realizar con grupos de diferentes tamaños, dependiendo del número de problemas que se planteen. Al igual que los grupos de 3 integrantes, los de 4 integrantes son bastante utilizados.

3.3.2 Rol del docente

Es importante subrayar que en este enfoque didáctico el rol del docente es acompañar al alumnado en el proceso de aprendizaje, de manera que en el aula suele intervenir puntualmente a petición de los estudiantes, cuando se producen dudas, o el proceso de resolución de los problemas no está bien encaminado. Sin embargo, el diseño del puzle tiene que ser minuciosamente planteado por el docente. Por ejemplo, es importante que los ejercicios sean de un grado de dificultad similar entre ellos, en cuanto a complejidad y también en cuanto a tiempo de ejecución necesaria.

El docente tiene que tener claro los objetivos de aprendizaje de cada problema, por lo que en la reunión de expertos debe asegurar que estos objetivos han sido adquiridos. En caso de no verificarlo, se pueden plantear en clase los puntos más significativos que han adquirido y hacer un resumen como repaso. El docente tiene que supervisar que la discusión de estos grupos lleva a una solución consensuada y efectiva. El docente puede ayudar con la explicación de los pasos desconocidos que faciliten la resolución del problema o con preguntas que reaviven el debate desde otro punto de vista.

3.3.3 Emociones

En caso de que el alumnado no haya experimentado dinámicas cooperativas o de metodologías activas, al realizar esta actividad suele salir de su zona de confort, ya que se trata de un planteamiento diferente al que está acostumbrado en la docencia habitual.

Estos cambios no suelen ser fáciles de asimilar, ya que los alumnos no están acostumbrados a situaciones en las que tienen que resolver problemas por sí mismos, sin que el docente les haya indicado con anterioridad los pasos a seguir. Es posible que parte del alumnado se resista

inicialmente a este cambio, ya que se da el caso de alumnos que se encuentran más cómodos y tienen éxito en la metodología tradicional, y sin embargo les resulta incómodo e incluso frustrante tener que resolver una situación nueva sin información previa, trabajar en grupo, ser autónomo o tener que recurrir a otras competencias que se trabajan en esta propuesta.

Por todo ello es de vital importancia que el docente esté atento a las emociones y posibles actitudes de rechazo del alumnado, ya que inicialmente estos pueden tener la sensación de estar perdidos. Además, al tener que resolver el problema de manera autónoma, y encontrarse en ocasiones con situaciones de bloqueo, de duda, o de indecisión, es frecuente que aparezca el sentimiento de la frustración. Ante esta situación, el docente puede tener la tentación de dar de inmediato la solución a los problemas, sin esperar a que sea resuelto de forma autónoma por parte del alumno. Aunque a corto plazo esta forma de actuar pueda parecer una ayuda para el alumno, a medio-largo plazo no lo es. En general, esta forma de actuar en la que el docente es quien resuelve los problemas, y no el estudiante, se produce porque el docente no confía en que el alumno va a seguir con éxito su propio camino de aprendizaje. Con ello, no se le da la libertad necesaria para experimentar el aprendizaje autónomo, e incluso se le priva de la satisfacción de lograr solucionar los problemas por sí mismo, adquiriendo así los procedimientos implicados en los mismos.

Hay que resaltar que no se debe ceder a la primera ocasión en la que los estudiantes se encuentran con algún problema o bloqueo en la resolución, y que el docente no debe ser quien resuelva el problema que se ha planteado al alumno, sino que hay que analizar las causas del posible bloqueo y reorientarlo, acompañándolo en los pasos a seguir para resolver el problema.

La experiencia demuestra que la primera vez que el alumnado experimenta una dinámica activa como el puzle, no le suele resultar fácil, sobre todo si la temática tratada es nueva. Una estrategia que puede evitar estas dificultades y facilitar el éxito en la utilización de esta técnica consiste en desarrollar una primera actividad utilizando esta técnica con un contenido que medianamente tienen asimilado, y una vez que conocen la dinámica plantear otras actividades con contenidos más nuevos.

3.3.4 Evaluación y feedback

La evaluación es un aspecto muy importante a considerar a la hora de diseñar una actividad cooperativa como el puzle, ya que es posible utilizar el sistema de evaluación como una manera de aumentar la interdependencia entre los miembros de un grupo, y garantizar así que se esfuercen en tratar de resolver los problemas planteados, y se produzca un clima de colaboración entre los mismos.

Entre las diferentes opciones existentes, en nuestro caso, solemos utilizar estas dos variantes a la hora de calificar un puzle:

- Corregir los tres problemas planteados, y poner la nota media de todos los problemas a los integrantes del grupo. El hecho de que el desempeño individual de cada miembro afecte a la nota del resto del grupo influye en que se esfuercen en realizar las tareas lo mejor posible.

- El docente corrige al azar un único problema de los tres planteados a cada grupo de origen, y pone esa calificación al grupo, como evaluación de todo el proceso desarrollado. En la medida en que todos los componentes del grupo han participado en alguna de las fases de la resolución del problema, la calificación obtenida en cualquiera de los problemas resueltos es un indicador del desempeño del grupo en la resolución de problemas, y se puede utilizar como calificación única del proceso. Esta variante es especialmente recomendable cuando el grupo en el que se imparte docencia es muy numeroso, y no se dispone de tiempo suficiente para corregir todos los problemas resueltos.

Usando estas dos formas de calificar se logra la interdependencia entre los compañeros de grupo, ya que todos participan en alguna de las fases de resolución de cada problema y el resultado final tiene un impacto en las notas de cada uno de ellos.

4. Conclusiones

Las nuevas tendencias de CAD están entrando con fuerza en la industria y en la educación. Por un lado, se debe enfatizar la importancia de la Fabricación Aditiva y del Diseño Generativo. Gracias a estos se pueden generar y fabricar piezas con una geometría compleja y sin afectar demasiado al coste del producto. En la visualización 3D de una pieza la Realidad Aumentada tiene un gran potencial, y es de esperar que su uso en los planos de fabricación y de conjunto se expanda tanto en educación como en la industria. Más aún si en el futuro el Diseño Generativo toma más fuerza y se generan piezas de geometría compleja y tenga más sentido una visualización interactiva, en la que el usuario pueda girar la pieza o conjunto mientras lo visualiza en 3D y no se usen tanto las vistas ortográficas. Con estas nuevas tendencias el diseño se está acercando a las creaciones que realiza la madre naturaleza.

Siendo conscientes de que a día de hoy estas nuevas tendencias son una realidad, se ha desarrollado esta propuesta que las introduce en el temario de una asignatura de CAD. La propuesta se ha desarrollado siguiendo una estrategia cooperativa, mediante la técnica del puzle, de manera que el alumnado “aprende haciendo” (learning by doing). De este modo, además, se trabajan competencias transversales que son de gran utilidad en la práctica profesional de la ingeniería, como la resolución de problemas, el planteamiento y valoración de alternativas de resolución, el aprendizaje autónomo, o el trabajo en equipo. Paralelamente, con esta propuesta se pretende acercar al alumnado a casos reales, con objeto de que vean la aplicabilidad de la actividad y de estas técnicas avanzadas, y el aprendizaje sea así más significativo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad del País Vasco UPV/EHU y en concreto a la Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa por facilitar las máquinas de fabricación aditiva ubicadas en el Laboratorio del grupo de investigación de Ingeniería Dental DEHI: Dental Engineering- Hartz

Ingeniaritza (www.ehu.eus/dehi); y a la Diputación Foral de Gipuzkoa por apoyar este trabajo (número de concesión: 75/18).

Referencias

1. M. Marinov et al., "Generative Design Conversion to Editable and Watertight Boundary Representation," *Comput. Des.*, 2019
2. Autodesk. <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design>. Last accessed 2019/06/10.
3. CATIA. <https://www.3ds.com/events/single-eseminar/catia-function-driven-generative-design-webinar/>. Last accessed 2019/06/10.
4. Solid Edge. <https://solidedge.siemens.com/es/solutions/products/3d-design/next-generation-design/generative-design/>. Last accessed 2019/06/10.
5. NX. <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/generative-design/27063>. Last accessed 2019/06/10.
6. *Fabricación aditiva. Principios generales. Terminología (UNE-EN ISO/ASTM 52900)*. 2017, pp. 1–28.
7. S. A. M. Tofail, E. P. Koumoulos, A. Bandyopadhyay, S. Bose, L. O'Donoghue, y C. Charitidis, "Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities," *Mater. Today*, vol. 21, no. 1, pp. 22–37, 2018.
8. "Fabricación Aditiva," en *Documentos Cotec de Oportunidades Tecnológicas*, Madrid, 2011.
9. T. Richardson et al., "Fusing Self-Reported and Sensor Data from Mixed-Reality Training," en *Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (I/ITSEC)*, 2014, pp. 1–12.
10. D. W. F. van Krevelen y R. Poelman, "A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations," *Int. J. Virtual Real.*, vol. 9, no. 2, pp. 1–20, 2010.
11. S. Cawood y M. Fiala, *Augmented Reality: A Practical Guide*. The Pragmatic Bookshelf, 2008.
12. E. Sierra-Uria, M. Garmendia-Mujika, X. Garikano-Oxinaga, y E. Solaberrieta-Mendez, "Lectura de planos industriales: Una propuesta de enseñanza-aprendizaje para las escuelas de ingeniería," *Dyna*, vol. 88, no. 5, pp. 591–600, 2013.
13. K. A. Smith, S. D. Sheppard, D. W. Johnson, y R. T. Johnson, "Pedagogies of Engagement: Classroom-Based Practices," *J. Eng. Educ.*, vol. 94, no. 1, pp. 87–101, Jan. 2005.

I.2. Representación del producto mediante modelos 3D vs 2D

Arancón Pérez, David*; Sanz-Adán, Félix; Santamaría Peña, Jacinto

Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de La Rioja

*david.arancon@unirioja.es

Resumen

La tecnología tradicional utiliza, para definir un producto, principalmente dibujos técnicos en proyecciones diédricas presentadas en soporte papel, que ilustran su forma geométrica y los requisitos de funcionamiento y fabricación. El objetivo es compartir información fiable, concisa y precisa entre el departamento de diseño y el de fabricación (planos funcionales y constructivos).

El empleo de las mejores técnicas disponibles, permite representar el producto con un método más eficiente, denominado (MBD=Model-Based Definition), tomando como base el Modelo 3D en formato vectorial. En la metodología MBD se integra la información geométrica (CAD), tecnológica (CAE) y de fabricación del producto (CAM), que complementada con los programas de procesado (CNC) y postprocesado por Ordenador (DNC) permite realizar automáticamente toda la cadena productiva (procesamiento, ensamblaje, medición y verificación) sin necesitar apoyarse en proyecciones diédricas o axonométricas del producto. Este método permite disminuir tiempos, reducir la probabilidad de cometer errores de transcripción y facilitar la interpretación del producto (visualización espacial).

En MBD el diseño es un modelo 3D acotado, exportable a formatos compatibles con las distintas etapas del proceso (CAD, CAE, CAM, CNC, Verificación (MMC=Máquina de Medición por Coordenadas), gestión (PLM) y archivado (PDM), para su recuperación a largo plazo de los datos 3D que sean requeridos.

Palabras clave: Dibujo Técnico, Diseño Industrial, CADD 3D, MBD, CAD-CAM. Enseñanza-aprendizaje, MBE.

1. Introducción

Desde principios del siglo XVIII, para transmitir la información de un producto necesaria para su fabricación, se vienen utilizando planos con proyecciones ortogonales (diédrico y axonométrico principalmente). Cuando no se dispone de herramientas infográficas capaces de representar cualquier objeto en 3D, resulta más fácil dibujar en proyecciones que en

perspectiva; sin embargo, su interpretación requiere más conocimientos visión espacial, y práctica en la interpretación del producto por parte del receptor de dicha información.

Han transcurrido 200 años, actualmente existen potentes programas de CAD3D que permiten definir completamente el modelo en 3D, a pesar de lo cual, la gran mayoría de proyectos presentan los planos-pieza mediante proyecciones, cotas y anotaciones en proyecciones diédricas, acompañadas de un modelo 3D para que su interpretación sea más fácil; pero esta duplicidad conlleva una pérdida de tiempo y una transcripción manual de las dimensiones y tolerancias que conlleva el riesgo de cometer errores causados por omisión de datos por el diseñador y/o por olvido o mala interpretación del receptor (planificación, fabricación, verificación).

Proponemos al lector, responda a las siguientes preguntas:

- ¿Por qué seguir representando los objetos en proyecciones (2D), si tenemos instrumentos capaces de diseñar en 3D?
- ¿Los planos en proyecciones diédricas o axonométricas, son una necesidad o una tradición?
- ¿Suponiendo que el fabricante dispone de las mejores técnicas para su fabricación, ¿cómo se debe entrenar a los alumnos de ingeniería para la realización del documento Planos de un Proyecto Técnico?

Nomenclatura			
MBD	Model-Based Definition	DNC	Direct Numerical Control
CADD	Computer Aided Drawing and Design	MMC	Máquina de Medición por Coordenadas
CAE	Computer Aided Engineering	PDM	Product Data management
CNC	Computer Numerally Controlled	PLM	Product Life Management

2. Objetivos

El diseño y desarrollo de productos mediante el empleo del método MBD, permite alcanzar los siguientes objetivos:

- Simplificar el diseño, reduciendo el tiempo destinado a su representación gráfica, mejorando su visualización e interpretación por parte de terceros (planificación, operarios de fabricación y clientes.)
- Transferir automáticamente la información para la fabricación del producto (postprocesado para la máquina con CNC).
- Transferencia automática de la información para su verificación (exportación a un formato legible por una MMC).
- Facilitar la interoperabilidad en todo el ciclo de vida del producto, mediante estándares abiertos de intercambio de datos, para posibilitar el intercambio automático de datos entre los procesos de diseño-fabricación-verificación del producto.
- Facilitar la interpretación del ensamblaje de los distintos componentes.

Con el empleo de MBD, destacan tres mejoras que conllevan un menor tiempo de lanzamiento del producto: mayor *fiabilidad* (menor probabilidad de errores), mayor *calidad* (precisión) y *menor limitación* en formas complejas que facilitan la funcionalidad del producto pero que son mucho más difíciles de diseñar e interpretar a partir de las proyecciones del objeto.

3. Metodología

Con el diseño paramétrico en 3D se puede disponer de toda la información del producto.

La geometría del producto MBD está estructurada para diferenciar las entidades geométricas que definen la forma 3D del producto de otras entidades, utilizado como referencia, contexto o geometría complementaria para anotaciones.

Los metadatos asociados al modelo 3D del producto capturan datos de gestión del producto, tales como las propiedades y el estado del ciclo de vida.

Las anotaciones en MBD tienen un formato específico (dimensión, marco de control de características, nota, etc.) e indican parámetros (valor nominal, tolerancia, modificador de material, etc.) que facilitan la interpretación automatizada.

La visibilidad, diseño, ubicación y orientación de las anotaciones realizadas en las vistas guardadas, junto con su color, nombre de visualización, líneas y textos son apropiados para la interpretación visual de los usuarios intermedios.

Las vistas guardadas de MBD (Fig. 1) están estructuradas para contener un conjunto relacionado de anotaciones, con su geometría complementaria y sistemas de coordenadas asociados, junto con la geometría apropiada del producto. Cada vista guardada puede contener la definición geométrica completa del Producto o una porción definida por una sección transversal. El contenido de una vista guardada se muestra dentro de una pirámide de visión, cuya interpretación es intuitiva y visual para los usuarios.

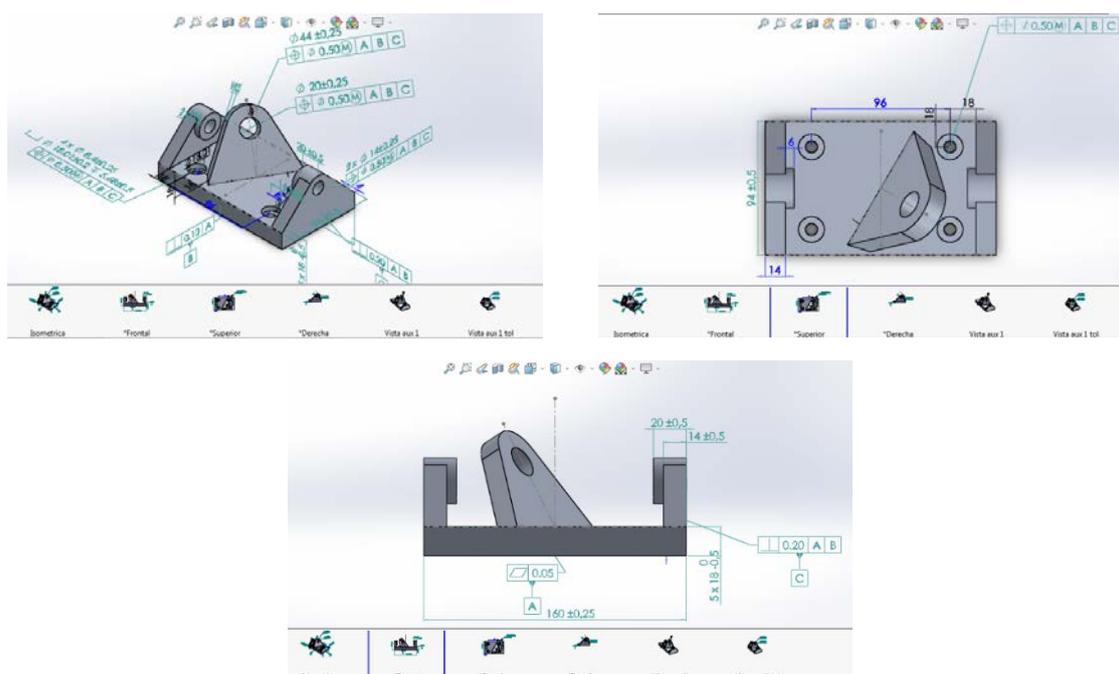


Figura 1. Modelo 3D: vistas guardadas del MBD.

3.1 Normalización

Los datos digitales de los diseños de modelos MBD vendrán en un formato compatible con el requisito de los organismos certificadores, tales como la Asociación de Industrias Aeroespaciales (AIA-NAS)

La Norma internacional NAS / EN 9300 LOTAR (Long Term Archiving and Retrieval) para el archivado y recuperación a largo plazo de la documentación técnica digital del producto, datos tales como 3D, CAD y PDM. tiene los siguientes objetivos:

- Desarrollar, publicar y mantener una Norma para archivar y recuperar datos de productos.
- Normalización de métodos y referencias necesarias, módulos de proceso y modelos de datos.
- Proporcionar métodos, módulos de proceso y modelos de datos para permitir el archivado y la recuperación a largo plazo de datos CAD y PDM.
- Desarrollar recomendaciones para la introducción práctica a largo plazo de archivos de datos relevantes en la industria
- Habilitar soluciones comerciales basadas en los requisitos del usuario en cooperación con CAx-IF testing (Grupo de desarrolladores y evaluadores de software que trabajan en traductores de Diseño Asistido por Computadora (CAD) e Ingeniería Asistida por Computadora (CAE) basados en la norma ISO 10303 “Estándar para el intercambio de los datos de modelos de productos (STEP), y proyectos piloto financiados.

La Norma LOTAR consta de varias partes, las que afectan el MBD son:

- EN / NAS 9300-Parte 120: "Geometría explícita CAD 3D con Presentación de información de producto y de fabricación".
- EN / NAS 9300-Parte 121: "Geometría explícita CAD 3D con Representación de información de producto semántico y de fabricación".
- EN / NAS 9300-Parte 125: “Geometría explícita de CAD 3D con Presentación de producto gráfico y de fabricación”.

Actualmente un MBD certificado, tiene acceso a los datos CAD 3D en un formato ligero (3D PDF, ISO 14306 JT o AP242).

Uno de los objetivos de STEP AP242 es crear un hilo digital que una el diseño, el análisis y la fabricación automatizada. Esto requiere una gran información sobre el producto.

Las limitaciones actuales en la implementación de formatos estándar, como STEP, hacen que la información crítica se pierda. La geometría de la pieza se intercambia correctamente, pero se pierden las tolerancias y las anotaciones. Esto a menudo requiere que el modelo nativo de CAD se envíe al proveedor y la carga de la interpretación la asuman los proveedores.

Un modelo CAD nativo a menudo contiene propiedad intelectual más allá del diseño final, como los métodos de construcción, las restricciones y las relaciones que no se desea exponer al organismo de certificación. Es posible que los fabricantes deseen eliminar estos datos antes de proporcionarlos a un organismo exterior o permitir sólo el acceso a través de arquitecturas de cliente restringidas.

Otro enfoque es usar STEP para intercambiar la geometría de la pieza aumentada con una geometría liviana para ver las notas. Agregando a esto el número de interfaces desde el diseño original al proveedor y las interfaces proveedor a sub-proveedor; el problema se propaga exponencialmente a lo largo de la cadena de suministro.

La colaboración entre diseñadores requiere el intercambio de geometría, materiales y datos funcionales. La geometría necesaria para el análisis puede no requerir la fidelidad exacta de la geometría CAD nativa.

En MBD se obtiene un acotado automático evitando errores de acotación y la omisión de alguna dimensión sin anotar. En la Fig. 2, se puede apreciar un diseño sencillo en 3D que no requiere crear planos en 2D.

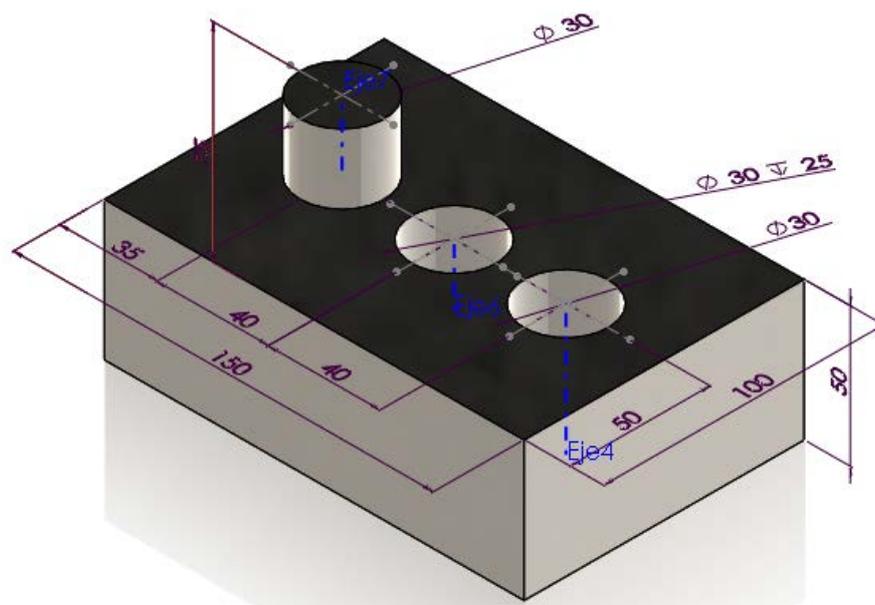


Figura 2. Modelo 3D diseñado con Solidworks MBD acotada automáticamente.

En una vista en 3D, podemos visualizar las medidas de todos los componentes de diseño.

La mayoría de los programas actuales de tratamiento y/o edición pueden insertar y visualizar modelos 3D:

- Office 2019 (Word, Excel, Powerpoint)
- PDF
- Visores propios de CAD: Edrawing, Glovius, CaniVIZ, 3D CAD, ... con sus versiones para tablets y smartphones. Estos visores permiten además realizar acotaciones para corregir defectos de diseño.

En la siguiente figura (Fig. 3) se muestra la representación en 2D de la pieza de la figura 2.

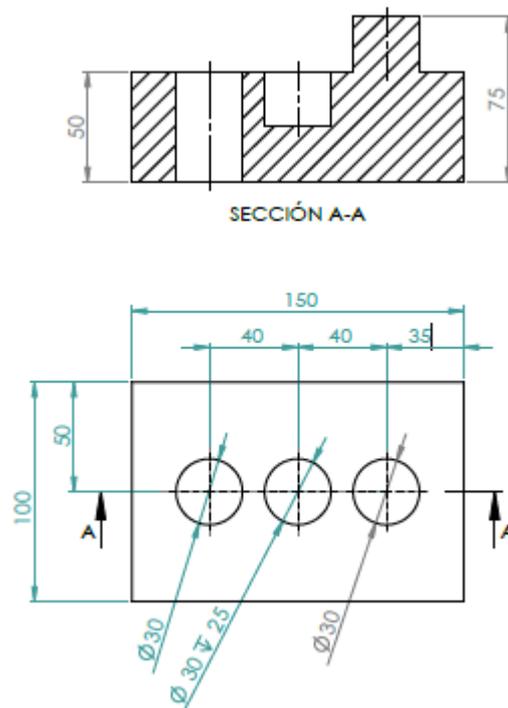


Figura 3. Representación plana de la Figura 1.

Algunos programas de CAD admiten guardar en PDF 3D, permitiendo, rotar y visualizar desde todos los ángulos la pieza, todas sus dimensiones, permitiendo una más fácil interpretación del objeto. También poseen plantillas configurables para una mejor presentación del modelo.

En la figura 4 se muestra una plantilla en PDF, donde el modelo se puede desplazar, girar, cortar y hacer zoom en cada una de las vistas guardadas. En cada vista se pueden seleccionar las cotas y anotaciones a visualizar para una mayor claridad en la presentación del objeto. El número de vistas y cortes que se insertan en el PDF3D son las que se consideren necesarias.

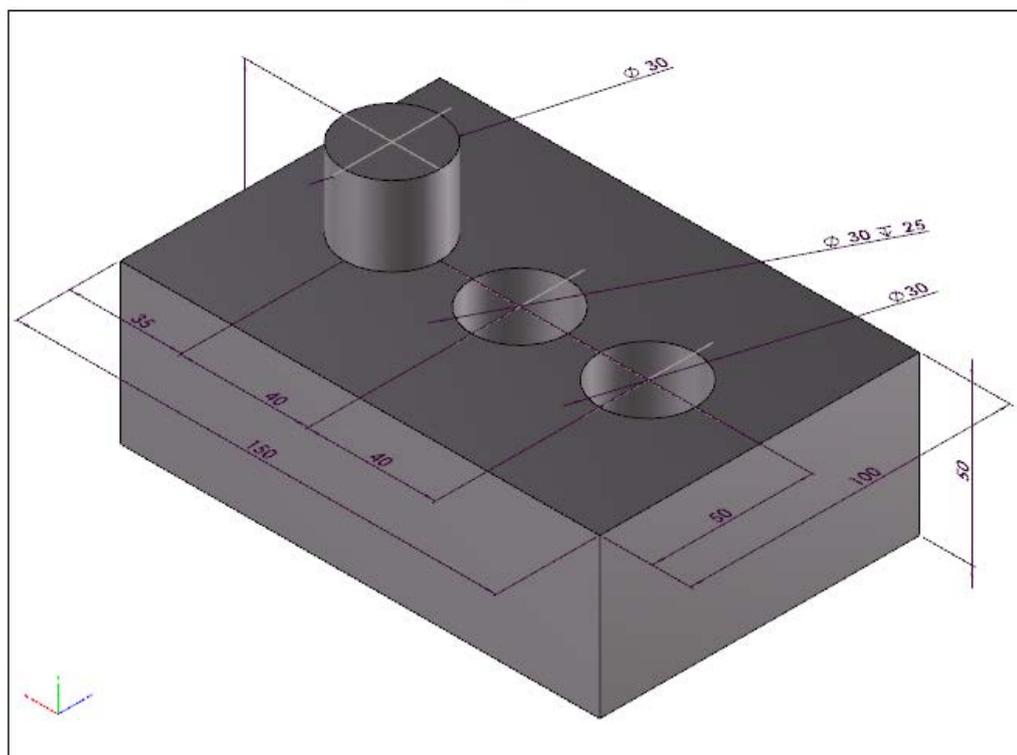
En el archivo PDF se pueden realizar las anotaciones posteriores que se considere necesario aclarar (mediciones, cambiar la transparencia, iluminación...) para su posterior modificación

Este archivo sirve como método de comunicación entre los diversos agentes implicados en el diseño; debe indicar todas las características necesarias para su correcta interpretación con la posibilidad de interactuar con el modelo para obtener una mejor visualización del objeto.

Nº DE ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	SOPORTE		Material <sin especificar>	1
2	SOPORTE2		AISI 1020	2
3	EJERCICIO2		Acero alado	1
4	Pieza2/Rueda		Nylon 6/10	1
5	ISO 14500 - #8 x 10 x 7.5 - 4.8-N			8

General Comments		<p>UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS MODEL IS REQUIRED TO COMPLETE PRODUCT DEFINITION FOR ALL ADMINISTRATIVE PURPOSES IN THIS DOCUMENT ALL DIMENSIONS OBTAINED FROM THE MODEL ARE BASIC UNLESS OTHERWISE SPECIFIED THE GENERAL TOLERANCE FOR ALL UNTOLERANCED SURFACES = 0.2MM INTERPRET DRAWING IN ACCORDANCE WITH ASME Y14.5-2009 AND ASME Y14.5B-2013 REVISIONS SHOULD BE SHOWN</p>	<p>DATE</p> <p>BY</p> <p>APPROVED</p> <p>DATE</p> <p>DATE</p> <p>DATE</p> <p>DATE</p> <p>DATE</p> <p>DATE</p> <p>DATE</p>
------------------	--	--	---

APPROVALS			GENERAL NOTES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS MODEL IS REQUIRED TO COMPLETE PRODUCT DEFINITION FOR ALL NON-DIMENSIONED FEATURES IN THIS DOCUMENT ALL DIMENSIONS OBTAINED FROM THE MODEL ARE BASIC UNLESS OTHERWISE SPECIFIED THE GENERAL TOLERANCE FOR ALL UNTOLERANCED SURFACES = 0.2MM INTERPRET DRAWING IN ACCORDANCE WITH ASME Y14.5-
TITLE	NAME	DATE	
DRAWN			
CHECKED			
APPROVED			



File name: Pieza1 sencilla mbd

Sheet: 1 of 2

Figura 4. Exportación de la documentación MBD en formato PDF3D.

Lo mismo que se ha realizado con una pieza se puede realizar con ensamblajes y con su listado de piezas (Fig. 5). El ensamblaje se puede girar, cortar, desplazar, ampliar las vistas que se estime oportuno.

Seleccionando una pieza del listado, ésta se resalta respecto del resto de piezas.



Figura 5. Documentación en PDF3D obtenida en MDB.

4. Necesidades del MBD

Uno de los potenciales beneficios de MBD, es la capacidad de impulsar la automatización de una fábrica, que no se está logrando debido a problemas de interoperabilidad. Los proveedores que convierten modelos nativos o modelos remasterizados para alimentar sus procesos CAM/NC incurrir en costos y corren el riesgo de introducir errores. Una táctica comúnmente utilizada para lograr la integración es obligar a la cadena de suministro a utilizar la misma versión de software utilizada por el OEM (Original Equipment Manufacturer), lo que agrega costos a la cadena de suministro, provocando una escalada general de los precios para todos (baja productividad).

El incumplimiento de los requisitos de interoperabilidad propuestos se basa en gran medida en que la información requerida no se puede representar en la norma, es decir, existe una brecha en la norma.

No existe un estándar de la industria claro que interprete inequívocamente los datos de un objeto al ser importado por un software MBD y a qué atributo corresponde en la lista de componentes. Por eso urge desarrollar una especificación común que proporcione:

- Definición común del contenido de 3D MBD y BOM (Bill of materials, lista de materiales para la gestión de la producción)
- Estándar de la industria para 3D MBD y BOM
- Paquete de datos técnicos
- Requisitos que deben cumplir los proveedores de soluciones PLM (Product Lifecycle Management) y los organismos reguladores de normalización
- Proyectos de estándares. Seguir siempre unos mismos pasos en el diseño, que facilite la definición del modelo

A continuación, se indican algunos casos en los que es imperioso implementar la metodología MBD:

- Las compañías necesitan respaldar las operaciones de fabricación, inspección y certificación utilizando los datos de MBD. Es fundamental que un modelo MBD completo se pueda representar en un formato estándar, ya que todos los aspectos del diseño son importantes.
- Los requisitos, p.e. el tratamiento térmico, son tan importantes para crear una pieza conforme, como lo es la forma geométrica. Por lo tanto, se requiere expandir las capacidades de traducción de datos más allá de los modelos de forma 3D tradicionales.
- La industria necesita una implementación completa de las capacidades de traducción de datos para representar todos los datos de un diseño MBD.
- El estándar STEP AP242 cubre muchos de los elementos MBD necesarios en la industria. Sin embargo, muchos atributos específicos de cada pieza aún deben ser abordados.
- Una consideración clave es la representación detallada de dimensiones y tolerancias geométricas (GD&T) con MBD. Debido a la diversidad de la industria, se deben respaldar tanto las normas ASME como las normas ISO para GD&T.
- El proveedor debe recibir toda la información relevante de diseño y fabricación, transmitida en un formato y configuración de datos que sea consistente, independientemente del conjunto de herramientas de diseño y fabricación utilizadas por el OEM. No debe tener defectos de traducción.
- Las empresas deben tener agilidad y capacidad para diseñar y/o fabricar y asociarse rápidamente, independientemente del sistema PLM que utilice cada una.

4.1 Elementos comunes del MBD

Ciertos datos en modelos MBD son comunes en todos los tipos de piezas: Geometría, anotaciones 3D (es decir, información de fabricación del producto o PMI), dimensiones y tolerancias, vistas 3D almacenadas. El soporte para la conversión STEP de elementos de geometría sólidos, de superficie y de estructura alámbrica se ha implementado durante décadas tanto en AP203 como en AP214. Dado que AP242 hereda elementos de geometría de AP203 y AP214, está igualmente bien soportado.

La capacidad de conversión de STEP [...] para diferentes elementos del modelo [6] ver por colores en las tablas 1 ,2 y 3.

Tabla 1. Relación Capacidad de conversión-color.

Category	Description	Associated Score
	Not Supported	0%
	Not Well Support	1-29%
	Partially Supported	30-85%
	Mostly Supported	86-99%
	Fully Supported	100%

Tabla 2. Relación Capacidad de conversión de los elementos del modelo.

Minimum Data Element	Evaluation Comments	Score:
Part Number & Revision	Typically encoded in file naming convention	
Solid Definition	Well supported	
Material Description	No recommended practice to guide vendor mapping	
Engineering Definition		
Marking Requirements – Export Control	Company specific representation	
Marking Requirements - Approval	Company specific representation	
Axis System		
Part Notes		
Dimensions		
Tolerances		
Annotations		
3D Views		
Roughness / Surface Conditions	AP242 ed1: only graphic presentation AP242 ed2 plans to cover the semantic representation	
Visibility by 3DViews		
Limited Area Application Indicator	Annotation supported, no semantic linkage	

Tabla 3. Relación Capacidad de conversión-color (continuación).

Minimum Data Element	Evaluation Comments	Score:
Assembly & BOM Structure Management	Multiple child/parent body errors in translation	Yellow
Part Attribute Data	Annotation supported; no semantic linkage	Yellow
URL Data	URL feature attribute data did not translate	Red
Security/Classification Attributes	Annotation supported; no semantic linkage	Yellow
Symbolic Thread Representation	Thread representation did not translate	Red
Drilling Features	Defined in STEP AP242 but not implemented	Red
Milling Features	Defined in STEP AP242 but not implemented	Red
Turning Features	Defined in STEP AP242 but not implemented	Red
Pattern Feature Attributes	Multi-instanced feature PMI did not translate to multiple faces	Red
Tabular Data	NX limitation; PMI based table not available	Red
Lightweight Cross Section Views	Resulted in multiple additional geometry bodies originated from component part and translated into an assembly part file	Red

4.2 Razones principales para usar MBD

4.2.1 Mayor automatización de la fabricación (PMI)

Los programas de CAM leen modelos CAD para automatizar la generación de códigos de control numérico. Los beneficios de CAM son indudables, sin embargo, hay un problema con algunos requisitos clave, como son: las tolerancias y los acabados superficiales. Estos se definen y presentan típicamente en dibujos 2D. La mayoría de los programas de CAM no puede leer las anotaciones, por lo que los ingenieros de fabricación deben revisar los dibujos y los programas CAM para extraer y volver a ingresar estos requisitos de forma manual. Este paso ralentiza el proceso, duplica la introducción de datos, e introduce los errores derivados de la interpretación humana.

Una solución a este problema es definir el PMI legible por software directamente en modelos 3D, en lugar de en dibujos 2D. Esta es exactamente la esencia de MBD. La figura 6 muestra CAMWorks leyendo acabados de superficie 3D definidos en SOLIDWORKS para automatizar la programación de NC. CAMWorks reutiliza los acabados superficiales definidos en el modelo 3D para automatizar la programación de control numérico.

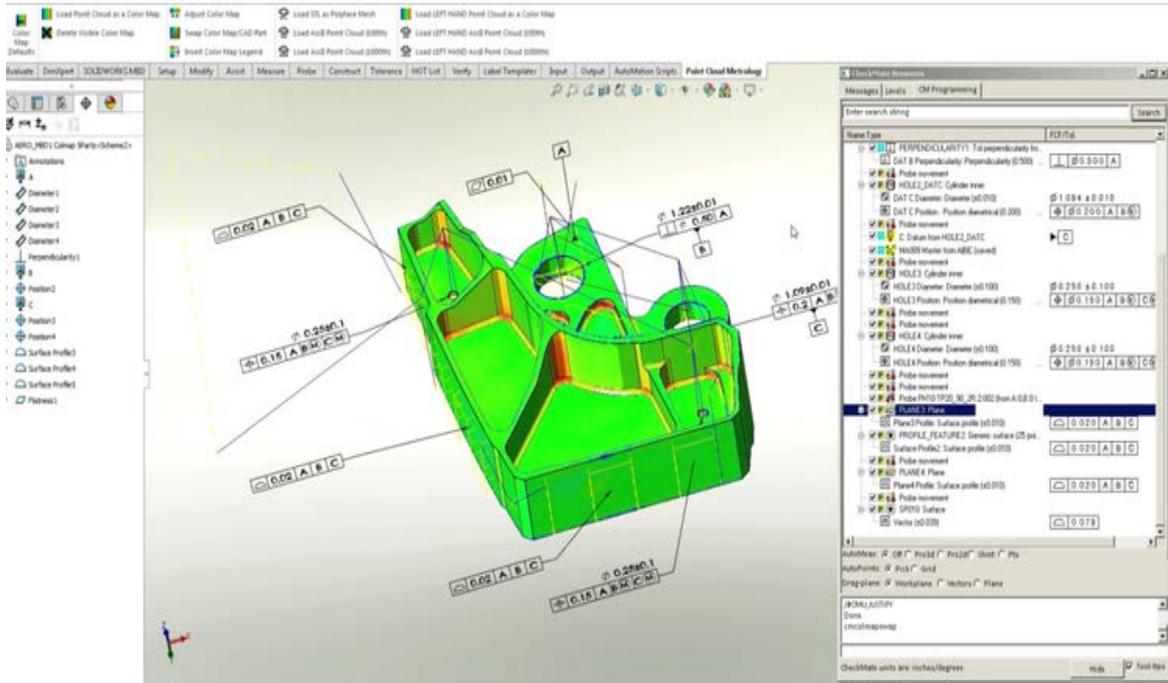


Figura 6. CAMWorks leyendo acabados de superficie 3D definidos en SOLIDWORKS.

4.2.2 Mejora la inspección automatizada (PMI)

Otro punto importante es la inspección: Verificar que el producto fabricado tenga las dimensiones y tolerancias geométricas definidas en el diseño. Programar automáticamente las trayectorias y los indicadores de la máquina de medición de coordenadas (MMC) y que las nubes de puntos escaneados se puedan superponer y comparar con el modelo nominal de CAD.

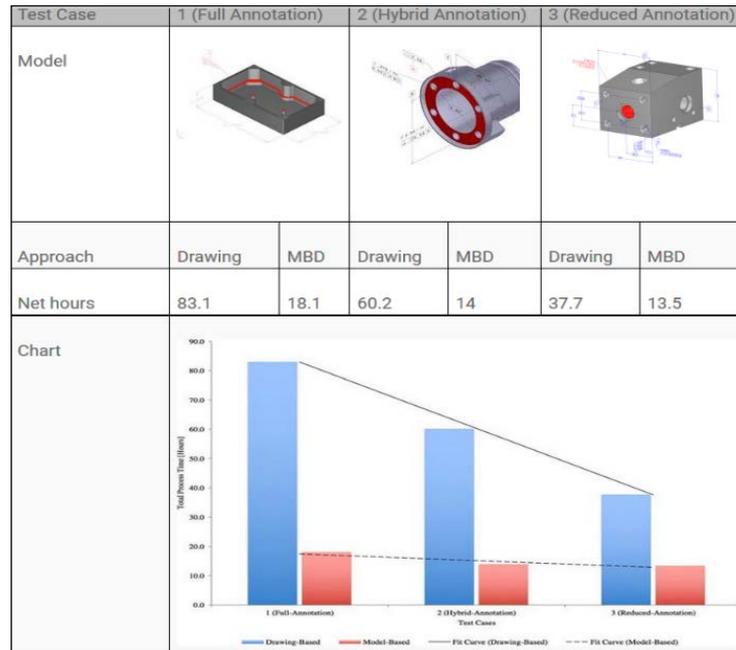
El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) de los Estados Unidos realizó un estudio (julio 2016) comparativo del proceso de fabricación en dos supuestos, representación del producto en proyecciones diédricas y representación del producto en MBD, diferenciando tres pasos:

- Acotación.
- Fabricación
- Verificación

En el citado estudio, el NIST encontró que con el enfoque basado en MBD se ahorra más de un 60% del tiempo destinado a la fabricación y verificación de las piezas que se muestran en la Tabla 4. Ahorros de tiempo que se produjeron principalmente por la automatización de los procesos de transferencia de la Información del Producto en las dos fases.

- Modelo 1: El tiempo total necesario para la anotación, mecanizado e inspección, se redujo un 78% (83.1 horas, frente a 18.1 horas)
- Modelo 2: (-76%)
- Modelo 3: (-64%)

Tabla 4. Estudio del NIST de comparación de tiempo de trabajando con el modelo o con el plano [4].



4.2.3 Aumenta la eficiencia en la comunicación de información técnica

Cuando se trata de comunicaciones técnicas, tenemos que proyectar objetos 3D en un plano 2D para crear un dibujo. Luego, para interpretarlo, alguien más tiene que reconstruir mentalmente esta abstracción 2D hasta 3D nuevamente. Esto es excesivo si se considera que la mayoría de los diseños se construyen como modelos CAD 3D. Este proceso de intercambio puede provocar errores y ambigüedades de interpretación y la necesidad de buscar ayuda en cortes y vistas auxiliares.

Un modelo simple es fácil de interpretar, el problema viene cuando tenemos modelos complejos en 3D. Una mayor dificultad de interpretación del plano lleva a tener que preguntar al diseñador, o arriesgarse a una mala interpretación, en ambos casos conlleva un mayor retraso y un mayor coste (pérdida de productividad).

Otro estudio del *NIST*, consistió en enviar tres modelos sencillos a dos proveedores para su mecanizado e inspección:

- Un proveedor tomó el enfoque basado en modelos y entregó las piezas en cinco semanas aproximadamente.
- El otro proveedor tomó el enfoque basado en el dibujo 2D y tardó 27 semanas más, aproximadamente. A esta diferencia de plazos, habría que añadirle el tiempo extra derivado de posibles modificaciones en el modelo, muy habituales en la fase de fabricación de prototipos o preseries.

La frase “una imagen vale más que mil palabras” se puede transponer a “El diseño MBD vale más que mil planos”. El modelo 3D se puede girar, cortar, consulta. En definitiva: minimiza el trabajo mental de visualización espacial y mejora la comunicación, dando una idea inmediata del objeto.

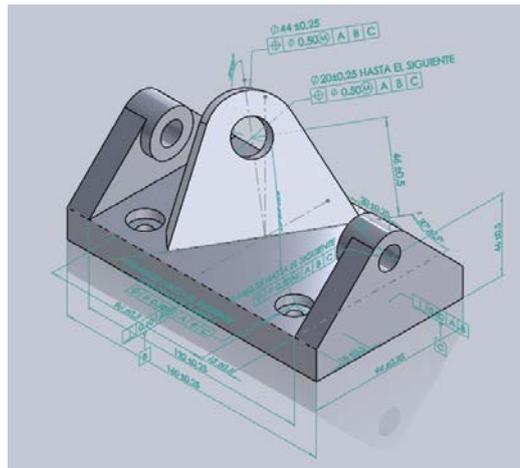


Figura 7. Pieza acotada en 3D que evita la necesidad de crear vistas auxiliares.

4.2.4 Mejora la calidad del producto final

Una mejor interpretación del diseño lleva consigo un menor error en la fabricación. Continuando con el estudio anterior del *NIST*, en la Fig. 6 se muestra una pieza con un error en la profundidad del taladrado, y diferentes dimensiones de la canaladura, que llevó al rechazo de la pieza con la consiguiente pérdida de tiempo, material y aumento del coste.

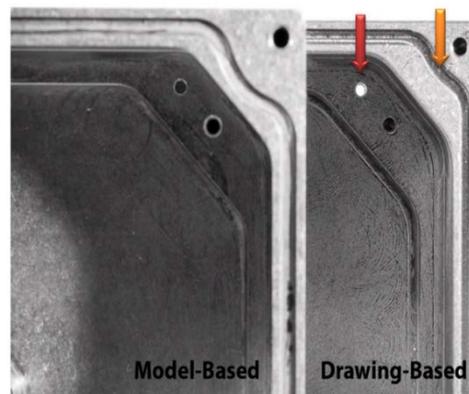


Figura 8. Piezas obtenidas basado en el modelo y basado en el dibujo.

El error fue debido a que no se anotó en el plano (ver fig.9) la profundidad del agujero, error que no se produce trabajando con el modelo 3D original.

Se puede argumentar que el resultado de la falta de coincidencia entre los modelos 3D y los dibujos 2D se debe a un fallo en el control de calidad, pero si los dibujos hubieran coincidido perfectamente con los modelos, este error se habría evitado. Una encuesta del organismo citado, a los fabricantes, detectó que el 60% de los planos en 2D no coinciden con los diseños 3D, esta diferencia puede ser debida a errores del diseño inicial o a modificaciones posteriores del modelo por no actualizar los planos 2D correspondientes. Este problema de actualización de planos aumenta con los años pues aumenta la probabilidad de rotura del enlace entre los modelos y los planos 2D.

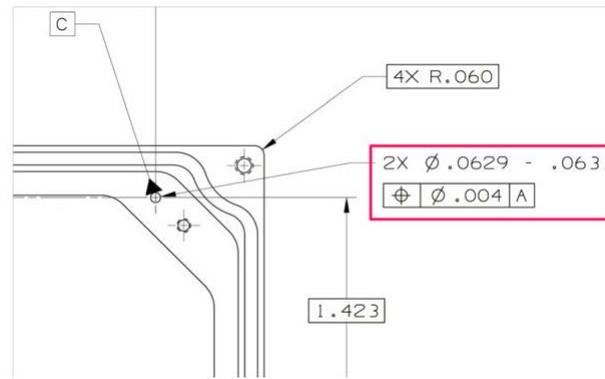


Figura 9. Plano de la proyección de la pieza sin acotar la profundidad del agujero.

Un diseño en MBD debe estar vinculado a los planos 2D, y actualizar automáticamente los archivos derivados de este modelo.

4.2.5 Aumenta las ventajas competitivas de fabricación

Para ser elegibles en las ofertas, mantenerse competitivo, ganar contratos y ascender en los niveles de proveedores, los fabricantes tienen que ponerse al día y planificar sus pedidos basándose en modelos 3D.

General Electric considera la fabricación basada en modelos como uno de los cuatro pilares de su proceso productivo.

La *Asociación de Electrónica y Tecnología de la Información de Japón (JEITA)*, órgano rector de las Normas Industriales de Japón (JIS), está actualmente redactando una norma para MBD.

Ejemplo de montaje más rápido: Los aviones utilizan una gran cantidad de elementos de unión, como los remaches. Muchos tipos de fijaciones diferentes deben instalarse con precisión en una amplia gama de ubicaciones de acuerdo con una variedad de especificaciones e instrucciones de par de apriete. Además, las superficies son más complejas (en muchos casos curvas libres), los planos en 2D tienen complejos desafíos para definir las ubicaciones exactas de los elementos de unión en las caras curvas. Ahora con el modelo 3D, junto con varios proyectores láser de alta resolución, proyecta el mapa del elemento de unión directamente en el cuerpo del avión. Se puede modificar el modelo o las instrucciones en tiempo real y se actualizan instantáneamente asignándose correctamente en el avión.

4.2.6 Conformidad con la normalización del sector

MBD ayuda a las empresas a cumplir las normas habituales como ASME Y14.41, ISO 16792, GB7T24734 y MIL-CD-31000A-. La conformidad normativa le proporciona ventajas competitivas para cumplir los estrictos requisitos que imponen estas normas a los fabricantes.

4.2.7 Libera y favorece el poder de nuevas tecnologías emergentes

Las tecnologías emergentes, como la fabricación aditiva (máquins herramientas híbridas capaces de sustraer o adicionar material, según proceda), el análisis masivo de datos (Big Data), los sensores, la visión artificial y las máquinas conectadas a los ordenadores, han mejorado la precisión de la fabricación y aumentado la productividad hasta límites que rondan la perfección.

MBD tiene el potencial de liberar el poder de estas tecnologías emergentes y facilitar estas iniciativas. La fabricación de una pieza mediante tecnología aditiva, es muy fácil hoy en día con un modelo CAD en 3D, pero no es factible con los dibujos en 2D.

El cálculo y análisis de las tolerancias es otro ejemplo. Las tolerancias indicadas en dibujos 2D, tienen que ser interpretadas por los ingenieros de fabricación, calculadas y transferidas manualmente a los operarios encargados de fabricar la pieza y posteriormente verificarla con el correspondiente utillaje, mucha sveaces de gran complejidad. Con el enfoque del MBD, las tolerancias asignadas por el diseñador son interpretadas por el programa de CAD, determinando automáticamente las superficies límites (envolventes), detectanco colisiones permitiendo al diseñador corregir las tolerancias mal definidas evitando errores de diseño y eliminando la etapa descrita para las tolerancias 2D, En la Fig. 10, se presenta en un diagrama de flujo el proceso productivo de una pieza (diseño, fabricación y control de calidad dimensional y geométrica) empleando 3 métodos diferentes: Planos de proyecciones (CAD2D), Modelo en 3D (CAD 3D, modelo sin atributos), Modelo 3D con anotación adicional (MBD).

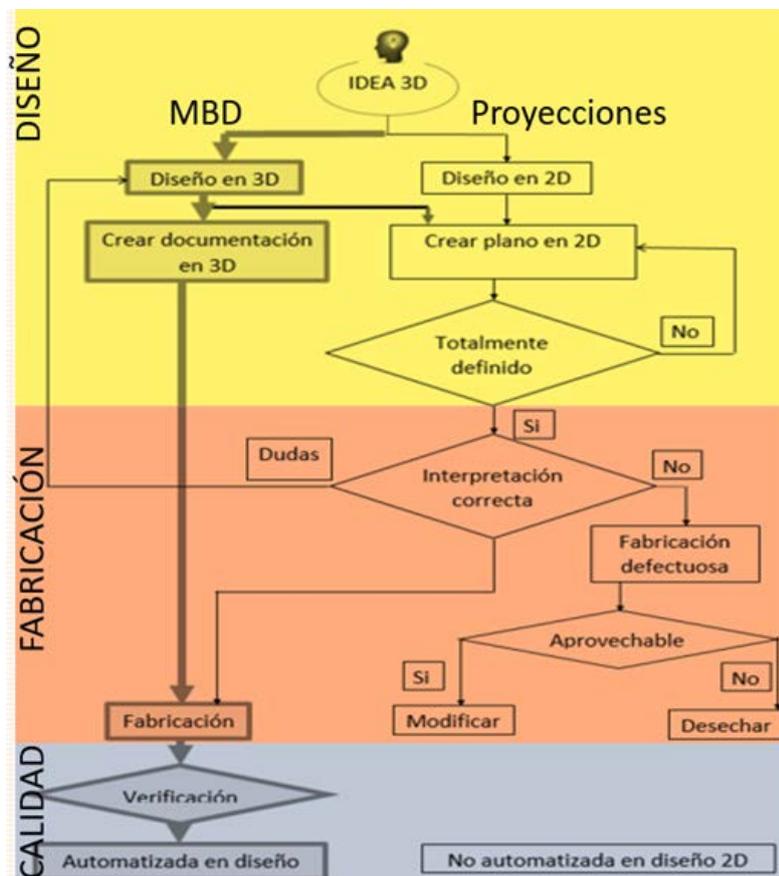


Figura 10. Esquema del proceso de Diseño MBD Dibujo en proyecciones vs.

También hay otros beneficios a considerar por el uso del MBD, como la reducción del papeleo, los procesos simplificados, la contratación / capacitación de la fuerza laboral y la satisfacción laboral.

5. Conclusiones

El uso de planos en papel para el diseño en proyecciones 2D es necesario para mostrar determinados detalles constructivos, pero no como principal representación del objeto, debiendo ser sustituido por un método de trabajo más eficiente: el diseño Basado en el Modelo 3D. Esto lleva consigo una serie de ventajas:

- Menores errores de interpretación, pues el 2D necesita más conocimientos de dibujo técnico y experiencia, requiere vistas acotadas, cortes y detalles.
- El uso del 3D mejora con la experiencia en el manejo de una documentación más interactiva.
- Reducción en preparar la documentación a través de los modelos 3D.
- Un mejor intercambio digital de la información.
- Reducción de uso de papel.
- Menores posibilidades de cometer errores de interpretación.
- Mejor trazabilidad de la información: queda un registro más fácil de seguir que en papel.
- Normalización acorde a las necesidades de la industria.
- Mejora de la productividad.

Referencias

1. Giacomo Barbieri; Cesare Fantuzzi; Roberto Borsari: A model-based design methodology for the development of mechatronic systems. Elsevier Mechatronics Volume 24, Issue 7, October 2014, Pages 833-843.
2. <https://www.ptc.com/es/products/cad/creo/model-based-definition>. Consulta 5/6/2019.
3. The MDB Experiences at Gulfstream in Empowering Downstream Manufacturing. Engineers rule. 3/11/2016.
4. <https://www.engineersrule.com/5-reasons-use-mbd/> Oboe Wu. July 18, 2016. consulta 6/5/2019.
5. <https://www.engineersrule.com/what-is-model-based-definition/> Ryan Reid January 28, 2016.
6. Minimum Model-Based Definition (MBD) and Bill of Material (BOM) Definition with STEP AP242. Aerospace & Defense PLM action group. December 2017.
7. The MBD History and Successes at Gulfstream. Referencia.
8. DriveWorksXpress or API: What to Learn and Why. Sean O'Neill. 31/01/2019.

9. <https://www.engineersrule.com/new-features-solidworks-mbd-2019/> Toby Schnaars 30/01 2019.
10. <https://www.solidworks.com/product/solidworks-mbd> consulta 5/6/2019.
11. Tony Cao. <https://blogs.solidworks.com/tech/2016/07/3d-pdf-with-solidworks-mbd.html> 23/07/2016.
12. <https://www.engineersrule.com/check-grammar-verification-gdt-mbd/>. Acceso Mayo 2019.
13. <https://www.engineersrule.com/pmi-enhancements-solidworks-mbd-2016/>. Acceso Mayo 2019.
14. <https://www.engineersrule.com/common-mistakes-mbdimplementation-process-avoid/>. Acceso Mayo 2019.
15. <https://www.engineersrule.com/3d-pdf-enhancements-solidworks-mbd-2016/>. Acceso Mayo 2019.
16. <http://www.lotar-international.org/>. Acceso Mayo 2019.
17. https://www.youtube.com/watch?v=_QU8P1kOzms.nist.gov/el/systems-integration-division-73400/mbe-pmi-validation-and-conformance-testing-project. Acceso Mayo 2019.
18. <https://www.ptc.com/es/products/cad/creo/model-based-definition>. Acceso Mayo 2019.
19. MBD and You. <https://www.PTC.com>. Acceso Mayo 2019.
20. SOLIDWORKS MBD: Olvídate de los planos 2D. <https://www.youtube.com/watch?v=v2A-gjX1jOo>.
21. https://www.youtube.com/watch?v=_QU8P1kOzms. Acceso Mayo 2019.
22. INGEGRAF. <https://ingegraf.es/>. Acceso 14/05/2019.
23. <https://www.cax-if.org/>. Acceso Mayo 2019.

I.3. Enseñanza-Aprendizaje del Dibujo Técnico Basado en Proyectos

Miralbes, Ramón*; Peña, J. A.

Dpto. de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Universidad de Zaragoza

* miralbes@unizar.es

Resumen

En este artículo se presentan dos actividades de enseñanza-aprendizaje basados en la metodología de aprendizaje basado en proyectos que se aplica actualmente en dos asignaturas relacionadas con el Dibujo Industrial en dos titulaciones de la Universidad de Zaragoza, concretamente en las del grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales y en el Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto.

La experiencia docente se basa en ambos casos en un proyecto grupal cuyo objetivo es el desarrollo de la documentación gráfica ingenieril asociada a un proyecto de la rama industrial similar al que podrán llevar a cabo los futuros egresados en su futuro desempeño profesional en el departamento de Oficina Técnica de cualquier empresa.

Para el desarrollo de la misma se suministra al alumno un determinado conjunto mecánico para que genere toda o parte de la documentación técnica gráfica asociada: planos de despiece, listas de elementos, marcados de piezas, croquis/planos de despiece, etc. aplicando las diversas normas de dibujo y valiéndose de diversos catálogos de elementos normalizados. Adicionalmente debe incluir diversos contenidos de la asignatura como aplicación de calidades superficiales y tolerancias, representación de soldaduras, generación de tablas de datos de elementos dentados, etc.

Las principales herramientas implicadas en esta metodología son, por un lado, la página web de la asignatura, en formato Moodle que mejora la comunicación entre el profesor y el alumno y el proceso de gestión y selección de trabajos y el programa informático Autodesk Inventor, seleccionado debido a la licencia gratuita para los alumnos (Autodesk Students) que permite el trabajo autónomo de los mismos.

Palabras clave: Dibujo Técnico, Aprendizaje Basado en Proyectos, Dibujo Industrial, Expresión Gráfica, rúbrica

1. Introducción

El aprendizaje basado en proyectos (ABP o Project Based Learning / PBL en inglés) es una metodología de enseñanza-aprendizaje en el que, mediante proyectos cercanos a la futura experiencia profesional, se busca por un lado aumentar la motivación del alumnado y, por otro, su participación activa en el propio proceso de enseñanza-aprendizaje, pasando de ser un mero espectador como suele ocurrir en las clases magistrales a adquirir un rol activo. Por el contrario, el profesor adquiere un rol menos activo y su papel pasa a ser el de gestor del conocimiento de forma que se asegura que el alumno tenga las herramientas y datos necesarios para la resolución del problema, ayuda a lograr el consenso dentro del grupo, orienta al alumno durante su aprendizaje autónomo, etc.

Esta metodología de aprendizaje no es nueva, sino que, ya a principios del siglo XX, William Heard Kilpatrick¹ estableció los fundamentos de la misma, aunque existen evidencias anteriores de experiencias similares.²

Debe señalarse que, habitualmente, este tipo de proyectos suelen ser proyectos grupales que persiguen adicionalmente que el alumno adquiera la capacidad para el trabajo en equipo y para el trabajo colaborativo; estas dos destrezas son de gran interés en el ámbito de la ingeniería ya que, en la vida profesional, el futuro egresado habitualmente debe integrarse dentro de un equipo de trabajo. Además, el proyecto propuesto debe tener una envergadura lo suficientemente grande y suele implicar un trabajo constante a lo largo del cuatrimestre o del curso.

Como indican algunos autores³, en esta metodología, tiene la misma importancia el aprendizaje de conocimientos como la adquisición de habilidades y actitudes y tiene una gran cantidad de ventajas y beneficios:

- Habilidades y competencias para el trabajo colaborativo (compartir ideas, debatir, aceptar puntos de vista diferentes, expresar opiniones, adquirir soluciones de compromiso, etc.), para el planteamiento de proyectos, la toma de decisiones, la comunicación interna y el manejo del tiempo.^{4,5}
- Incremento de la motivación del alumno y la asistencia a clase con actitud más activa en las diversas actividades.^{6,7}
- Aumento de la satisfacción del estudiante con el aprendizaje debido al carácter estimulante de los proyectos.
- Capacidad para afrontar proyectos y situaciones reales.⁸
- Integración de los conocimientos académicos y la experiencia real.^{4,5}
- Mejora de las habilidades mentales y uso de habilidades de orden superior⁹
- Incremento de la autoestima y la satisfacción por el trabajo propio.
- Aumentar las habilidades para la solución de problemas de forma semi-autónoma.
- Preparación para el futuro desempeño profesional.
- Ayudar a la comprensión de la interrelación entre los diversos ámbitos del conocimiento y de las disciplinas involucradas en un determinado proyecto.¹⁰

Debe señalarse que existen muchos más beneficios del ABP para los estudiantes, pero, en resumen, la experiencia mejora el proceso de aprendizaje al ayudar a adquirir los conocimientos y habilidades básicas, desarrollar tareas complicadas y resolver problemas complejos.

Analizando el estado del arte se pueden encontrar infinidad de experiencias relacionadas con el ABP, algunas de ellas relacionadas con la ingeniería, siendo quizás uno de los artículos recopilatorios más interesantes el de López et. al.¹¹

2. Contexto de la Experiencia Docente

La experiencia presentada se encuadra dentro de las asignaturas “Expresión Gráfica II” del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto y en la asignatura “Procesos de Fabricación y Dibujo Industrial” del grado en Tecnologías Industriales que se imparte en la Universidad de Zaragoza. En este punto, debe señalarse que la asignatura “Procesos de Fabricación y Dibujo Industrial” es una asignatura compartida al 50% con el área de Procesos de Fabricación, lo que limita la extensión de la parte de Dibujo Industrial y requiere, tanto en la planificación como en los contenidos o en la evaluación, una coordinación con otra área de conocimiento.

Ambas asignaturas están relacionadas con los contenidos de “Dibujo Industrial” del área de conocimiento de Expresión Gráfica en la Ingeniería, pero tienen una carga desigual de créditos (6 y 3 respectivamente) y un alumnado completamente diferente. En la tabla resumen 1 puede apreciarse una comparativa entre ambas asignaturas. Analizando esta tabla se aprecian grandes diferencias entre ambas asignaturas, principalmente debido a la diferencia de créditos y a la diferencia de conocimientos previos de los alumnos relacionados con el Diseño Asistido por Ordenador (DAO), especialmente en el ámbito del modelado 3D. Así pues, en el caso de la titulación del Grado en Ingeniería en Diseño y Desarrollo de Producto, los alumnos cursan la asignatura Diseño Asistido por Ordenador I de forma simultánea con la asignatura Expresión Gráfica II y adquieren conocimientos avanzados de modelado 3D con el software Inventor. Este aspecto resulta fundamental tanto para el planteamiento de la asignatura como de la tipología de trabajo y de las herramientas disponibles por parte de los alumnos. En relación con el grado de madurez y los conocimientos previos de los alumnos, en ambas asignaturas son muy similares al encuadrarse ambas asignaturas en el segundo curso.

Las experiencias propuestas se han adaptado a las particularidades de dichos alumnos, así como a la carga docente de la asignatura lo que ha condicionado el tipo de proyecto y la extensión y profundidad del mismo.

El principal objetivo de la experiencia propuesta es el desarrollo de una serie de competencias de las asignaturas^{12,13}.

Tabla 1. Comparativa de las asignaturas Expresión Gráfica II y Procesos de Fabricación y Dibujo Industrial.

	Expresión Gráfica II	Proc. Fab. Y Dibujo Industrial
Créditos	6	3 de Dibujo Industrial
Grado	Ing. Diseño y Des. Producto	Ing. en Tecnologías Industriales
Curso	2º	2º
Cuatrimestre	1º	2º
Alumnos/grupo	80 aprox	80 aprox
Grupos	1	3
Créd. Exp. Gráf. I	6	6
Créditos DAO en otras asignaturas	2 (Exp Graf I- AutoCad) 6 (DAO I – Inventor)	2 (Exp Graf y DAO- AutoCad)
Créd. DAO en asig.	2	1
Software utilizado	Inventor	Inventor
Contenidos DAO asignatura	Generación de documentación gráfica	Modelado (0,8) + Generación de documentación gráfica (0,2 cred)
Contenidos	Normalización Dibujo Industrial. Planos de conjunto y de despiece, croquizado y listas de elementos. Notación de tolerancias y ajustes. Notación de rugosidad, calidad superficial y otros símbolos. Rep. y desig. de elementos roscados. Rep y des. elementos unión y seguridad. Rep y des. cojinetes, rodamientos y sus accesorios. Rep engranajes y elem. accionamiento. Rep soldaduras y otros elem. mecánicos. Designación de materiales. Muelles y resortes. Piezas de plástico. Conjuntos Soldados. Estructura Metálica.	Normalización en Dibujo Industrial. Planos de conjunto y de despiece, croquizado y listas de elementos. Notación de tolerancias y ajustes. Notación de rugosidad, calidad superficial y otros símbolos. Rep. y desig. de elementos roscados. Rep y des. elementos unión y seguridad. Rep y des. cojinetes, rodamientos y sus accesorios. Rep engranajes y elem. accionamiento. Rep soldaduras y otros elem. mecánicos.

Competencias Básicas y Genéricas

- Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma.
- Capacidad para transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- Capacidad de generar la documentación necesaria para la adecuada transmisión de las ideas por medio de representaciones gráficas, informes y documentos técnicos, modelos y prototipos, presentaciones verbales u otros en castellano y otros idiomas.
- Capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- Capacidad para planificar, presupuestar, organizar, dirigir y controlar tareas, personas y recursos.

- Capacidad para combinar los conocimientos básicos y los especializados de Ingeniería para generar propuestas innovadoras y competitivas en la actividad profesional.
- Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- Capacidad para la gestión de la información, manejo y aplicación de las especificaciones técnicas y la legislación necesarias para la práctica de la Ingeniería.
- Capacidad para aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
- Capacidad para usar y dominar las técnicas, habilidades, herramientas informáticas, las tecnologías de la información y comunicación y herramientas propias de la Ingeniería de diseño necesarias para la práctica de la misma.
- CG08. Capacidad para aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo, y de trabajar en grupos multidisciplinares, con motivación y responsabilidad por el trabajo para alcanzar metas.

Competencias específicas:

- Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador.

Finalmente se debe indicar que la experiencia propuesta no es nueva, sino que lleva aplicándose en estas asignaturas y otras similares del área de conocimiento durante más de veinte años; sin embargo, el proyecto propuesto, así como las herramientas utilizadas y el grado de dificultad y complejidad de los conjuntos utilizados han ido cambiando y actualizándose a lo largo del tiempo. Es por ello que existe una dilatada experiencia docente en la aplicación de esta metodología y su adaptación a asignaturas relacionadas con el dibujo industrial.

3. Objetivos

El objetivo final, a parte de los mencionados anteriormente en la introducción y específicos del ámbito del Dibujo Industrial es que el alumno adquiera los siguientes resultados de aprendizaje ^{12,13}:

- Dominio de los fundamentos del dibujo industrial para aplicarlos a la realización e interpretación de planos, tanto de conjunto como de despiece, y para elaborar soluciones razonadas ante problemas geométricos en el plano y en el espacio.
- Dominio de la normalización como convencionalismo idóneo para simplificar, no solo la producción sino también la comunicación, dándole a ésta un carácter universal.
- Desarrollo de su visión espacial.
- Capacidad para integrar y seleccionar elementos normalizados y comerciales en el diseño de conjuntos mecánicos, interpretando prontuarios y catálogos.

- Desarrollo de su capacidad de concepción y definición precisa de formas y geometrías complejas.
- Capacidad para representar y comunicar formas y geometrías complejas por medio del lenguaje gráfico normalizado.
- Conocimiento y comprensión diversos conceptos como las tolerancias y las calidades superficiales y capacidad para aplicarlos en problemas específicos en el ámbito del Dibujo Industrial.

Como objetivos comunes a todas las ponencias se establecen los siguientes:

- Conocer experiencias innovadoras de enseñanza-aprendizaje aplicables al “Dibujo Técnico y al Diseño Industrial”, mediante casos prácticos.
- Conocer qué y cómo enseñan “Dibujo Técnico en los Centros Tecnológicos de reputación internacional.
- Extraer conclusiones de la encuesta sobre contenidos, habilidades y capacitación.

4. Metodología

La metodología propuesta para ambas asignaturas, a pesar de las diferencias entre las mismas es un trabajo grupal que consiste en la generación toda o parte de la documentación gráfica asociada con el proyecto del diseño de un conjunto mecánico complejo. Este trabajo está muy cercano con la práctica profesional que puede desarrollar tanto un Ingeniero de Tecnologías Industriales como un Ingeniero de Diseño y Desarrollo de Producto ya que, una de sus posibles salidas profesionales es el trabajo como ingeniero proyectista en la oficina técnica de una empresa.

En este punto debe señalarse que, aunque la labor del Ingeniero de Diseño suele estar relacionada en las oficinas técnicas con el diseño y desarrollo de conjuntos de carácter no tal industrial o mecánicos como los planteados en la metodología propuesta (más parecido a, por ejemplo, la carcasa de un electrodoméstico), debido a los contenidos de la asignatura (ver tabla 1), se ha optado por la misma tipología de proyecto para ambas experiencias (ver fig. 1 a 3), siendo en muchos casos los conjuntos comunes.

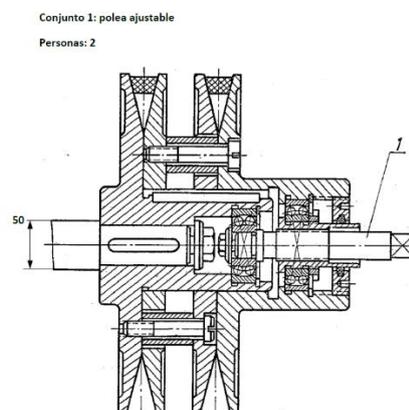


Figura 1. Conjunto mecánico propuesto para un grupo de 2 personas (ver detalle de cota para escala).

Fuente: 14.

Conjunto 10: reductor de ejes inclinados

Personas: 3

Eje lento, diámetro de la entrada: 42 mm

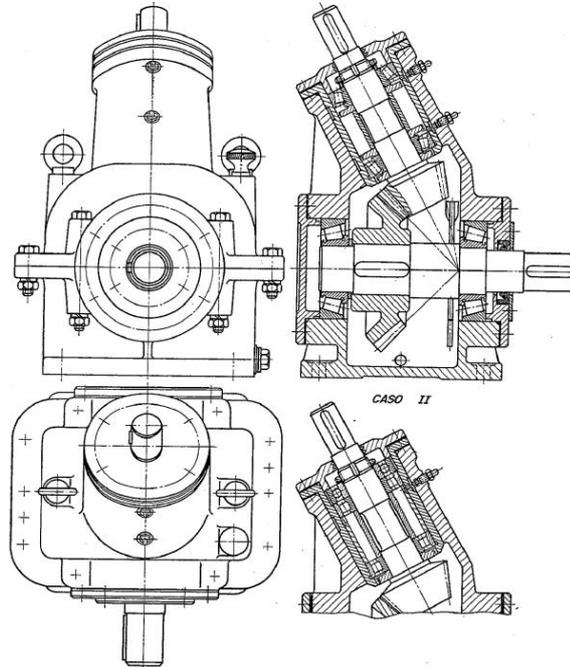


Figura 2. Conjunto mecánico propuesto para un grupo de 3 personas (ver detalle de enunciado para escala). Fuente: 14.

Conjunto 33: reductor planetario con porta satélites tallado sobre el eje

Personas: 5

Eje rápido, diámetro de la entrada: 20 mm

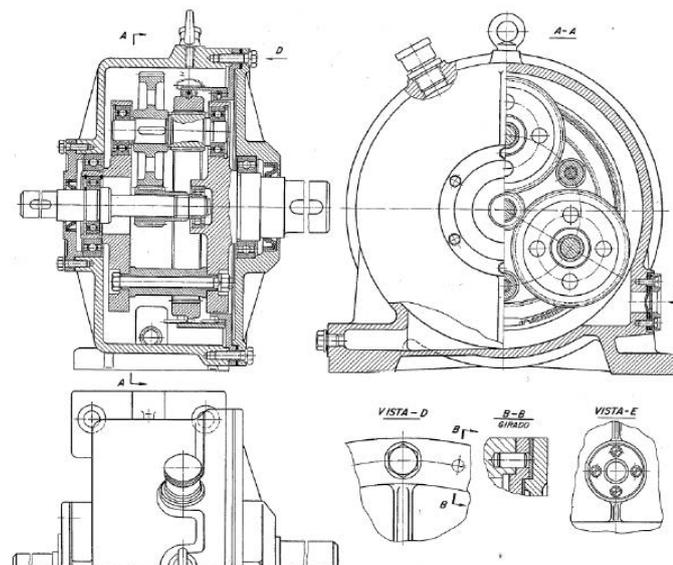


Figura 3. Conjunto mecánico propuesto para un grupo de 3 personas (ver detalle de enunciado para escala). Fuente: 14.

A continuación, la tabla 2 muestra un análisis comparativo del trabajo en ambas titulaciones.

Tabla 2. Comparativa del Trabajo Propuesto para las asignaturas Expr. Gráfica II, Procesos de Fabricación y Dibujo Industrial.

	Expresión Gráfica II	Proc. Fab. y Dibujo Industrial
Partes Trabajo	2	1
Tiempo disponible	4 meses	3 meses
Porcentaje Nota	35%	50% de parte Dibujo
Nota mínima	5.0 (4.0 en cada parte)	4.0
Integrantes Grupo	2-5 según complejidad	2-5 según complejidad
Software	Autodesk Inventor	Autodesk Inventor
Evaluación	Rúbrica	Rúbrica
Formación grupos	Por parte del alumno a través de consulta en Moodle	Por parte del alumno a través de consulta en Moodle
Entrega	Presencial + Moodle	Presencial + Moodle
Nota diferenciada entre miembros	No	No
Competencia Generación de planos	Completa	Limitada
Competencia croquizado	Completa	Completa

4.1 El Trabajo de Asignatura en la asignatura Expresión Gráfica II

Para la asignatura Expresión Gráfica II, la metodología propuesta consta de un trabajo de asignatura que consta de dos partes:

- Parte 1: croquizado (50%): entrega a mediados del cuatrimestre (principios de noviembre/Semana 10).
- Parte 2: generación de planos (50%): entrega la última semana del cuatrimestre (principios de enero /semana 14).

Para el desarrollo de este trabajo, el alumno cuenta con una serie de conjuntos mecánicos diferentes (20-25 conjuntos) que se encuentran a su disposición en el anillo digital docente (ADD). Estos conjuntos tienen diferente nivel de complejidad y de extensión por lo que, en función de estos parámetros, existen trabajos de 2, 3, 4 o 5 personas. La labor de selección del trabajo, así como la generación de los grupos recae sobre el alumno que, a través de una consulta en el ADD, realiza esta actividad.

Adicionalmente cuenta con un documento, que pasará a desgranarse en el punto 4.1.1. donde se detallan las diversas sub partes y contenidos con los que debe contar cada una de las partes, así como los modos de entrega.

Llegados a este punto, debe señalarse que la distribución temporal de las diversas partes del trabajo no son arbitrarias y obedecen a una razón práctica relacionada, por un lado, con la planificación de la asignatura (ver fig. 4) (los contenidos teóricos y su aplicación práctica en diversos problemas debe ser anterior a la propia entrega) y, por otro lado, con la planificación de la asignatura Diseño Asistido por Ordenador I (en esta asignatura, que se desarrolla en el mismo cuatrimestre y de forma paralela, se imparten los contenidos necesarios de modelado

que necesitarán los alumnos para generar los modelos 3D de las diversas piezas y el ensamblado). Además, a lo largo de las diversas prácticas de la asignatura Expresión Gráfica II se imparten los conocimientos necesarios para, a partir del modelado 3D, la generación de la documentación técnica gráfica. Es por ello que existe una primera parte relacionada con el croquizado y una segunda parte relacionada con la generación de planos.

Finalmente debe indicarse que la corrección del croquizado por parte del profesor (parte 1) permite que el alumno pueda generar un modelado 3D adecuado al conocer todos los posibles fallos relacionados con aspectos clave como la integración de elementos normalizados y comerciales o la generación de elementos dentados. Por ello, durante la semana 10 se realiza una actividad denominada “práctica tutelada” donde el profesor analiza con el grupo de alumnos en sesiones de aproximadamente 30 minutos por grupo, los fallos y deficiencias en el aprendizaje detectados en la primera entrega. Se sigue una metodología similar tras la segunda entrega.

	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
Septiembre	17		18		19		20		21	
	24	La1	25	Ma1	26	Xa1	27	Ja1	28	Va1
Octubre	1	Lb1	2	Mb1	3	Xb1	4	Jab1	5	Vb1
	8	L	9	M	10	X	11		12	
	15	La2	16	Ma2	17	Xa2	18	Ja2	19	Va2
	22	Lb2	23	Mb2	24	Xb2	25	Jb2	26	Vb2
Noviembre	29	Ja3	30	Va3	31	Xa3	1		2	
	5	La3	6	Ma3	7	Xb3	8	Jb3	9	Vb3
	12	Lb3	13	Mb3	14	Xa4	15	Ja4	16	Va4
	19	La4	20	Ma4	21	Xb4	22	Jb4	23	Vb4
	26	Lb4	27	Mb4	28	Xa5	29	Ja5	30	Va5
Diciembre	3	La5	4	Ma5	5	Vb5	6		7	
	10	Lb5	11	Mb5	12	Xb5	13	Jb5	14	Va6
	17	La6	18	Ma6	19	Xa6	20	Ja6	21	
Enero	7	Lb6	8	Mb6	9	Xb6	10	Jb6	11	Vb6
	14	J	15	V	16	X				
Representación y Acotación de piezas mecanizadas y de fundición (6 h)										
Conjuntos y despiezas. Designación de elementos Normalizados. Materiales (5 h)										
Rodamientos. Elementos Roscados y Elementos de Unión y Seguridad (6 h)										
Engranajes (6 h)										
Soldadura. Muelles y Resortes (3 h)										
Piezas de Plástico. Chapa metálica (3 h)										
Estructura metálica y Calidades Superficiales (3 h)										
Tolerancias (6 h)										

Figura 4. Distribución temporal de los contenidos teóricos y problemas de la asignatura Expr. Gráfica II para el curso 2018-2019.

4.1.1 Normas para la elaboración del trabajo de la asignatura Expresión Gráfica II

- El trabajo supondrá un 35% de la nota final de la asignatura.
- Será necesaria una nota de 5.0 en el trabajo para promediar con el examen y un mínimo de 4 en cada parte del trabajo.
- El trabajo será diferente para cada grupo y adaptado al número de integrantes del grupo.

- Se realizará en grupos de dos a cinco personas.
- No se permitirán entregas en fechas posteriores a las indicadas.
- No se permitirán re entregas posteriores.
- En el caso de que se suspenda el trabajo de asignatura o la nota en alguna parte sea inferior a 4 durante la primera convocatoria supondrá el suspenso de la asignatura y deberá realizarse un nuevo trabajo diferente (hablar con el profesor) para la convocatoria de septiembre que se entregará antes del día 9 de septiembre de 2019 a las 14:00 al profesor de teoría y se compondrá de las dos partes.

Partes del trabajo

Parte 1: Croquizado

Se entregará encuadernado en “Fastener” y constará de los siguientes apartados (en el orden especificado) y se entregará antes del día 28 de noviembre de 2018 a las 13:00 al profesor de teoría.

1. Portada (a partir del formato en el ADD).
2. Índice (con las páginas numeradas).
3. Plano de conjunto (a partir del plano en pdf del ADD):
 - Se designará como plano nº 1.00.
 - Se hará a escala (no normalizada pero entera) en A3 doblado adecuadamente.
 - en A4. Se realizará el marcado de piezas en ordenador.
 - Tendrá cajetín debidamente completado en ordenador (formato AutoCAD de Moodle) y recuadro.
 - El nombre del plano será idéntico al del trabajo.
4. Listado de piezas (en uno o varios folios):
 - Se corresponderán las marcas con el marcado del plano 1.00.
 - Se realizará de arriba abajo.
 - El listado tendrá cajetín en cada una de las hojas.
 - Se realizará a partir de la plantilla suministrada en formato Word y se completará informáticamente.
 - Se rellenará de acuerdo con las explicaciones teóricas.
5. Croquis de los elementos no normalizados:
 - Se realizará a mano alzada, salvo los elementos curvos para los que se puede utilizar el compás.
 - Se realizarán sobre papel milimetrado en A4 o en A3 doblado adecuadamente.
 - No tendrán escala.

- Los croquis estarán ordenados de forma adecuada.
- Tendrán cajetín debidamente completado (suministrado en formato AutoCAD).
- Se realizará a lápiz.
- Contendrá todas las vistas, cortes, secciones, etc. para la correcta definición de la pieza.
- Contendrá la acotación adecuada al tipo de pieza y las normas de dibujo.
- No contendrán calidades superficiales, tolerancias, marcas de plegado en piezas de chapa, marcas de soldadura, etc.
- Si es necesario se incluirán los planos de subconjunto que se estimen oportunos, así como las listas de piezas de estos subconjuntos.
- En el caso de los engranajes, muelles, etc. se realizará la tabla de características del elemento.

Parte 2: Planos

Se entregará encuadernado mediante una “carpeta” y constará de los siguientes apartados (en el orden especificado) y se entregará antes del día 16 de enero de 2019 a las 14:00 al profesor de teoría.

1. Portada (a partir del formato en el ADD; se completará y se colocará pegado en el frontal exterior de la carpeta).
2. Índice (con las páginas numeradas).
3. Memoria (ext. máxima cinco hojas por una cara. Se utilizará el formato ADD):
 - En esta parte se explicará la función del conjunto desarrollado, su utilidad, su funcionamiento, las principales partes que lo componen, el método de lubricación, en reductores el cálculo de la relación de desmultiplicación, el montaje y desmontaje, aspectos especiales del diseño, etc.
 - Se valorará la redacción, el contenido y el aspecto visual y se penalizará negativamente las faltas de ortografía.
 - Esta parte no es una exposición del estado del arte ni del contenido teórico de la asignatura. Sólo se valorarán los aspectos que estén relacionados con la explicación del conjunto desarrollado.
4. Plano de conjunto:
 - Se generará a partir del modelo en Inventor.
 - Contendrá el marcado de piezas y la lista de elementos coordinada con el cajetín.
 - Se generará en el formato más adecuado según las dimensiones del conjunto (A0 a A3) y se plegado de forma adecuada.
 - Se realizará el marcado de piezas en ordenador.

5. Plano de los elementos no normalizados:
 - Se realizarán a partir del modelo en Inventor.
 - Se generará en el formato más adecuado según las dimensiones del conjunto (A0 a A4) plegado adecuadamente.
 - Tendrán escala y estarán ordenados y numerados los planos de forma adecuada.
 - Tendrán cajetín debidamente completado.
 - Contendrá todas las vistas, cortes, secciones, etc. para la correcta definición de la pieza.
 - Contendrá la acotación adecuada al tipo de pieza y las normas de dibujo.
 - Contendrán calidades superficiales, tolerancias, marcas de plegado en piezas de chapa, marcas de soldadura, etc.
 - Si es necesario se incluirán los planos de subconjunto que se estimen oportunos, así como las listas de piezas de estos subconjuntos.
 - En el caso de los engranajes, muelles, etc. se realizará la tabla de características del engranaje obtenida a partir de los datos del modelado en Inventor.
6. Bibliografía.
7. Texto donde se justifiquen decisiones sobre el diseño, tales como materiales utilizados, calidades, tolerancias, simplificaciones y las tablas de los elementos normalizados utilizados. (Se utilizará el formato ADD).
8. Adicionalmente se entregará mediante empaquetado de archivos el modelo de Inventor.

4.2 El Trabajo de Asignatura en la asignatura Procesos de Fabricación y dibujo Industrial

En este caso, debido a las limitaciones propias de la asignatura y de los conocimientos, destrezas y habilidades propias de los alumnos, ha sido necesario reformular el trabajo planteado para la asignatura Expresión Gráfica II. Cabe remarcar en este apartado, que la mayor limitación existente es la falta de conocimientos del alumnado de aspectos relacionados con el modelado 3D. De hecho, es en esta asignatura donde, por primera vez adquiere estos conocimientos, pero el grado de profundidad alcanzado (en 9 h) no es lo suficiente para plantear la segunda parte del trabajo de asignatura de la asignatura Expresión Gráfica II; por ello, sólo se deben entregar una pequeña cantidad de planos generados a partir del modelado 3D.

4.2.1 Normas para la elaboración del trabajo de la asignatura Procesos de Fabricación y Dibujo Industrial

- El trabajo supondrá un 50% de la nota final de la asignatura “Dibujo Industrial”.
- Será necesario un 4 en el trabajo para promediar con el examen.

- Los alumnos repetidores deberán realizar un trabajo diferente al del curso anterior.
- Parte del trabajo se realizará durante las prácticas, que serán voluntarias.
- El trabajo será diferente para cada grupo y adaptado al número de integrantes del grupo.
- Se realizará en grupos de dos a cinco personas.
- La fecha tope improrrogable para la entrega del trabajo es el día 6 de mayo a las 14:00 al profesor de teoría para la primera convocatoria y del 3 de septiembre a las 14:00 para la segunda. Se realizará en el despacho del profesor. No se aceptará ningún trabajo fuera de fecha independientemente de la causa.
- Se realizará una sesión de prácticas tuteladas con cada grupo de alumnos las semanas 13 y del 20 de mayo para analizar los fallos detectados del trabajo. Será necesario apuntarse en su momento.

Partes del trabajo

Constará de los siguientes apartados (en el orden especificado):

1. Portada (a partir del formato proporcionado en el ADD).
2. Índice (con las páginas numeradas).
3. Memoria (extensión máxima cinco hojas por una cara; a partir del formato proporcionado en el ADD):
 - En esta parte se explicará la función del conjunto desarrollado, su utilidad, su funcionamiento, las principales partes que lo componen, el método de lubricación, en reductores el cálculo de la relación de desmultiplicación, el montaje y desmontaje, aspectos especiales del diseño, etc.
 - Se valorará la redacción, el contenido y el aspecto visual y se penalizará negativamente las faltas de ortografía.
 - Esta parte no es una exposición del estado del arte ni del contenido teórico de la asignatura. Sólo se valorarán los aspectos que estén relacionados con la explicación del conjunto desarrollado.
4. Plano de conjunto (a partir del plano suministrado por el profesor):
 - Se numerará el plano como “n.00” siendo “n” el número del conjunto (ej.: para el conjunto 5: 5.00).
 - Se hará a escala (no normalizada pero entera) en A3 salvo en conjuntos muy simples que se podrá realizar en A4.
 - Se realizará el marcado de piezas de acuerdo a las explicaciones teóricas.
 - Tendrá cajetín debidamente completado.
 - El nombre del plano será idéntico al del trabajo.
5. Listado de piezas (en uno o varios folios; a partir del formato proporcionado en el ADD):

- Se corresponderán las marcas con el marcado del plano de conjunto.
 - Se realizará de arriba abajo.
 - El listado tendrá cajetín en cada una de las hojas.
 - Se rellenará de acuerdo con lo explicado en clase de teoría.
 - Croquis de los elementos no normalizados.
 - Se realizará a mano alzada, salvo los elementos curvos para los que se puede utilizar el compás.
 - Se realizarán sobre papel milimetrado en A4 o en A3 doblado adecuadamente.
 - No tendrán escala.
 - Contendrán cajetín debidamente completado.
 - Se realizará a lápiz.
 - Contendrá todas las vistas, cortes, secciones, etc. Para la correcta definición de la pieza.
 - Contendrá la acotación, calidades superficiales y tolerancias dimensionales en ajustes con rodamientos.
 - En el caso de los engranajes aparecerá toda la información para la definición de estos elementos.
 - Se numerará el plano como “n.m.o” correspondiente al marcado de la pieza (ej.: para la pieza 5.6.7: 5.6.7).
6. Planos de las piezas modeladas en Inventor (tantas como personas del grupo, indicadas en el enunciado) con vistas, cortes, secciones, etc. calidades, tolerancias y lista de piezas (se pondrá a continuación del croquis del elemento).
7. Bibliografía.
8. Texto donde se justifiquen decisiones sobre el diseño, tales como materiales utilizados, calidades, tolerancias, simplificaciones y las tablas de los elementos normalizados utilizados.

Entrega en Moodle de los ficheros de las diversas piezas modeladas y de los planos generados. Lo entregará únicamente uno de los integrantes del grupo, mediante un archivo .zip con la extensión grupo_YYY_XX donde YYY indica el grupo (821, 822 u 823) y XX el número del conjunto (ej.: grupo_822_21.zip). Se abrirá una entrega en Moodle para cada grupo que se cerrará el día de la fecha de entrega. En la convocatoria de septiembre se enviará por correo electrónico al profesor correspondiente de teoría).

4.3 Las prácticas tuteladas

Un aspecto fundamental para el propio éxito de la metodología propuesta han sido las actividades denominadas “prácticas tuteladas”. Este tipo de actividad se ha programado para

ambas asignaturas con una semana de retraso respecto de la entrega de cada una de las partes del trabajo, de forma que el profesor tenga tiempo suficiente para el análisis y corrección del mismo.

El objetivo de esta actividad es la subsanación de deficiencias en el proceso de aprendizaje detectadas con la corrección de las diversas partes del trabajo de asignatura. Para ello el profesor se reúne con el grupo de alumnos para explicar los fallos detectados; con ello, el objetivo es que el alumno obtenga un “feed back” sobre el trabajo realizado y sea consciente de qué aspectos debe mejorar de cara a la siguiente entrega del trabajo de asignatura y de cara a la prueba final. En el caso de la asignatura Expresión Gráfica II, es de especial importancia tras la entrega de la primera parte del trabajo de asignatura, ya que facilita en gran medida el modelado de piezas y el ensamblaje, así como la generación de elementos dentados.

Debe señalarse que, pese a ser una actividad totalmente voluntaria, la asistencia a la misma es superior al 95% del alumnado, siendo valorada de forma muy positiva por los alumnos en las encuestas de satisfacción.

4.4 Evaluación del trabajo de asignatura

Para la evaluación del trabajo de asignatura se ha recurrido a la utilización de una rúbrica implementada en la página web de la asignatura. Con ello se consigue que el alumno conozca el peso de cada uno de los aspectos del trabajo y la valoración de los mismos. A continuación, se muestra la rúbrica utilizada para las diversas partes del trabajo de Expresión Gráfica II:

Parte 1: croquizado

1. Lista de elementos (10%):

- Errores en la identificación de las piezas -4,0 puntos.
- Errores importantes en la designación de elementos -4,0 puntos.
- Faltan de indicar materiales -3,0 puntos.
- Hay materiales incorrectos -2,0 puntos.
- Hay elementos erróneos en la lista de elementos -2,0 puntos.
- Faltan piezas importantes en la lista de elementos -2,0 puntos.
- Hay errores en la lista de elementos -2,0 puntos.
- No existe lista de elementos -10 puntos.

2. Normalización (25 %):

- Faltan Cotas funcionales -4,0 puntos.
- La acotación no permite fabricar las piezas -2,0 puntos.
- La acotación no se adapta al proceso de fabricación -2,0 puntos.
- Cotas con decimales no necesarios -0,5 puntos.
- Piezas mal interpretadas -4,0 puntos.
- Errores en la representación de vistas y/o cortes -2,0 puntos.

- Repasar normalización -2,0 puntos.
- Piezas mal identificadas -2,0 puntos.
- 3. Piezas no normalizadas (15%):
 - Faltan piezas importantes -6,0 puntos.
 - Hay errores en la forma de las piezas importantes -4,0 puntos.
 - Hay errores en la representación de las piezas -2,0 puntos.
 - Las piezas no concuerdan entre sí (eje/tapeta - tapeta/carcasa) -4,0 puntos.
- 4. Rodamientos y cojinetes (15%):
 - Asientos de la pista interior incorrectos -5,0 puntos.
 - Asientos de la pista exterior incorrectos -4,0 puntos.
 - Fijación de los rodamientos (tuercas / arandelas) incorrectas -3,0 puntos.
 - Errores en los rodamientos -2,0 puntos.
- 5. Engranajes y elementos dentados (15%):
 - Asiento en los ejes incorrecto -5,0 puntos.
 - Acotación con errores -2,0 puntos.
 - Tabla del engranaje con errores -3,0 puntos.
 - No hay tabla de engranajes -6,0 puntos.
 - Errores en la representación del engranaje -3,0 puntos.
- 6. Elementos auxiliares (15%):
 - Chaveteros mal dimensionados -3,0 puntos.
 - Chaveteros mal acotados -1,0 puntos.
 - Alojamiento de anillos el. de seg. mal dimensionados -2,0 puntos.
 - Alojamiento de anillos el. de seg. mal acotados -1,0 puntos.
 - Anillos de retención de aceite (o equivalente) con errores -2,0 puntos.
 - Tornillos mal dimensionados -3,0 puntos.
 - Asiento de tornillos mal dimensionados -3,0 puntos.
 - Ejes con errores -1,0 puntos.
 - Engrasadores con errores -1,0 puntos.
 - Tapetas con errores -1,0 puntos.

Parte 2: planos

1. Impresión de los planos (25%):
 - Los planos no se han impreso a la escala correcta -2,0 puntos.
 - Hay planos con la escala mal indicada en el cajetín -2,0 puntos.
 - Plegado incorrecto en los planos -1,0 puntos.
 - Formato incorrecto en los planos -5,0 puntos.

- Los planos se han impreso en escala de grises -2,0 puntos
 - Planos mal numerados -3,0 puntos
 - Grosos y/o tipos de línea incorrectos -2,0 puntos
 - Altura de texto incorrecto -2,0 puntos
 - Tamaño de flechas incorrecto -1,0 puntos
2. Plano de conjunto y lista de elementos (25%):
- Marcas incorrectas o las piezas no están marcadas -5,0 puntos.
 - Errores en las marcas de las piezas -1,0 puntos.
 - No se han eliminado aristas ocultas -2,0 puntos.
 - Taladros roscados mal representados -1,0 puntos.
 - Errores en la representación de los elementos -2,0 puntos.
 - La lista de elementos del conjunto es incorrecta -3,0 puntos.
 - Hay errores en la lista de elementos del conjunto -2,0 puntos.
 - No hay lista de elementos en los planos de despiece -2,0 puntos.
 - Hay errores en la lista de elementos en los planos de despiece -1,0 puntos.
3. Tolerancias y ajustes (30%):
- No se indica la tolerancia para cotas sin indicación específica (UNE_EN 22768-m) -2,0 puntos.
 - No se indican tolerancias relacionadas con elementos comerciales (chaveteros, ranuras para anillo elástico de seguridad ...) -3,0 puntos.
 - Hay errores en las tolerancias relacionadas con los elementos comerciales (chaveteros, ranuras para anillo elástico de seguridad ...) -2,0 puntos.
 - No se han definido las tolerancias de los ajustes -4,0 puntos.
 - Faltan tolerancias en los ajustes -2,0 puntos.
 - Hay errores en las tolerancias de los ajustes -1,0 puntos.
4. Indicación de la calidad superficial (20%):
- No se indica la calidad superficial general -3,0 puntos.
 - La calidad superficial general no es correcta -2,0 puntos.
 - Hay errores de concepto en la indicación de calidades superficiales -3,0 puntos.
 - Hay errores en la indicación de la rugosidad en algunas superficies -2,0 puntos.
5. Dibujo y acotación de las piezas (hasta -1 punto):
- Hay errores importantes en las piezas o en su acotación -7,0 puntos.
 - Hay algunos errores en las piezas o en su acotación -5,0 puntos.
6. Documentación (hasta -1 punto):
- La portada no es correcta -4,0.
 - No hay índice o el índice no es correcto -1,0.

- Memoria: no se explica la función del conjunto ni su utilidad -1,0.
- Memoria: no se explica el funcionamiento del conjunto -1,0.
- Memoria: no se explica el cálculo de la relación de desmultiplicación -1,0.
- Hay una exposición del estado del arte o del contenido teórico de la asignatura -1,0.
- Bibliografía incorrecta -2,0.
- No se justifica las decisiones sobre diseño, materiales, calidades, tolerancias, etc.

4.5 Resultados de aprendizaje esperados relacionados con el Dibujo Industrial

Los principales resultados de aprendizaje esperados en relación con el ámbito del Dibujo Industrial son:

- Capacidad para generar planos de conjunto (en EGII además a partir de herramientas informáticas)
- Desarrollo de las habilidades y destrezas para el croquizado.
- Capacidad para la generación de planos de despiezo completos (mayor incidencia en EGII).
- Capacidad para la comprensión de planos complejos mecánicos, así como aspectos técnicos de los mismos (lubricación, montaje, transporte, obturación, transmisión del movimiento, etc.).
- Conocimiento de diversos métodos para la presentación de proyectos (encuadernación, carpeta, etc.), la numeración de la documentación gráfica técnica y el doblado de planos (tipo A, B, C).
- Capacidad para seleccionar elementos normalizados e integrarlos en un conjunto complejo.
- Conocimientos de los diversos parámetros que afectan a la generación de elementos dentados y los diversos parámetros de los mismos (módulo, número de dientes, relación de transmisión, etc.).
- Capacidad para incluir aspectos en el croquizado y los planos relativos a la funcionalidad de la pieza (calidades superficiales, tolerancias, etc.).
- Aplicación de los conocimientos sobre proceso de fabricación y la influencia en la acotación y en la representación de subconjuntos soldados.
- Aplicación de los conocimientos sobre ciencia de materiales y la influencia en la selección de materiales para cada pieza.
- Capacidad para la generación de modelos virtuales de piezas y ensamblajes y, a partir de los mismos, generar la documentación técnica gráfica en 2D.

5. Resultados

Los principales resultados obtenidos medibles y constatables de la aplicación de esta metodología docente han sido:

- Alto grado de asistencia a las sesiones de docencia presenciales (70-80%).
- Alta tasa de éxito y de rendimiento en la asignatura (80-90%).
- Buena valoración tanto del profesor como de la asignatura (3-4 sobre 5).

Por otro lado, en vista a los comentarios y respuestas de los alumnos en las encuestas de satisfacción de la asignatura, se valora este trabajo de forma muy positiva y como imprescindible para la comprensión de la asignatura en ambas titulaciones.

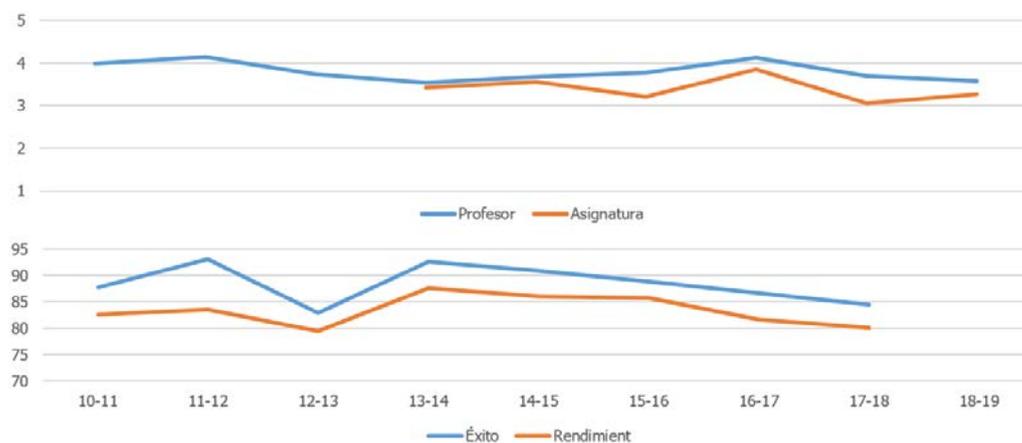


Figura 5. Evolución de la evaluación de profesorado y de la asignatura (arriba) y tasa de éxito y rendimiento de la asignatura para la asignatura Expresión Gráfica II a lo largo de los últimos cursos.

Agradecimientos

A todos los compañeros de la Universidad de Zaragoza que colaboran y han colaborado en la docencia de las asignaturas Expresión Gráfica II y Procesos de Fabricación y Dibujo Industrial.

Referencias

1. Kilpatrick, W.H. The Project Method. The Use of the Purposeful Act in the Educative Process. (1918).
2. Knoll, K. The Project Method: Its Vocational Education Origin and International Development. JITE. Springer (1997).
3. ABP en Eduteka. <http://www.eduteka.org/AprendizajePorProyectos.php>. Last accessed 05/06/2019.
4. Blank, W. (1997). Authentic instruction. In W.E. Blank y S. Harwell (Eds.), Promising practices for connecting high school to the real world. p 15-21 (1997, Tampa-Florida).

5. Dickinson, K.P., Soukamneuth, S., Yu, H.C., Kimball, M., D'Amico, R., Perry, R., Kingsley, C. and Curan, S. P. (1998). Providing educational services in the Summer Youth Employment and Training Program. (1998, Washington, DC- U.S).
6. Bottoms, G., Webb, L.D. Connecting the Curriculum to “real life.” Breaking Ranks: Making it Happen. Reston: National Association of Secondary School Principals. (1998).
7. Moursund, D., Bielefeldt, T., Underwood, S. Foundations for The Road Ahead: Project-based learning and information technologies. (1997, Washington, DC-U.S.).
8. Sánchez, J. M. Qué dicen los estudios sobre el aprendizaje basado en proyectos. Actualidad pedagógica. (2103). https://web.archive.org/web/20160502054849/http://actualidadpedagogica.com/estudios_abp/. Last accessed 05/06/2019.
9. Reyes, R. Native Perspective on the School Reform Movement: A hot topics paper. (1998, Portland).
10. Maldonado, M. Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior. Laurus, Vol. 14 (20). p 158-180 (2008, Venezuela).
11. Lopez, M.A., Mota, C.I. Aprendizaje basado en problemas y sus aplicaciones en ingeniería. Ciencia y Tecnología. Inventio. p 47-55.
12. Guía de la asignatura Procesos de Fabricación y Dibujo Industrial del Grado en Tecnologías Industriales de la Universidad de Zaragoza. [https://sia.unizar.es/doa/consultaPublica/look\[conpub\]MostrarPubGuiaDocAs?entradaPublica=true&idiomaPais=es.ES&_anoAcademico=2018&_codAsignatura=30015](https://sia.unizar.es/doa/consultaPublica/look[conpub]MostrarPubGuiaDocAs?entradaPublica=true&idiomaPais=es.ES&_anoAcademico=2018&_codAsignatura=30015) . Last accessed 05/06/2019.
13. Guía de la asignatura Expresión Gráfica II del Grado en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto de la Universidad de Zaragoza. [https://sia.unizar.es/doa/consultaPublica/look\[conpub\]MostrarPubGuiaDocAs?entradaPublica=true&idiomaPais=es.ES&_anoAcademico=2018&_codAsignatura=25808](https://sia.unizar.es/doa/consultaPublica/look[conpub]MostrarPubGuiaDocAs?entradaPublica=true&idiomaPais=es.ES&_anoAcademico=2018&_codAsignatura=25808). Last accessed 05/06/2019.
14. Reshetov, D.N. *Atlas de máquinas y mecanismos. CEAC mecanico técnico*, 7ª edición. 2007.

I.4 Diseño de Proyectos de Construcción con Tecnología Open BIM

José Andrés Díaz Severiano

Universidad de Cantabria

Resumen

Se desarrolla en esta ponencia el diseño de Proyectos de Construcción con Tecnología Open BIM en el marco de una iniciativa docente promovida por la E. T. S. de Ingenieros de Caminos de Santander. Para todos aquéllos a los que el término BIM no les suene o les suene poco, se realiza una breve introducción que ha de servir como hilo conductor de esta exposición.

Keywords: BIM, open BIM, proyecto de construcción.

1. Introducción

¿Qué es BIM?

BIM es el acrónimo inglés de *Building Information Modelling/Model*, lo que puede traducirse como “modelado de *edificios* con información”, o bien, como “modelo de información de un *edificio*”, dependiendo de que el énfasis lo queramos poner en el procedimiento o en el producto que resulta de ese proceder (se aclara a continuación). Sí conviene matizar desde este primer instante que el término *edificio* puede sustituirse por el de *infraestructura urbanística* o el de *obra civil* aludiendo al hecho de que los procedimientos de los que vamos a hablar son de aplicación en todo el sector de la construcción [1].

Pero, más allá de su traducción, ¿qué es BIM? El término BIM alude a una **metodología de trabajo colaborativo** que persigue centralizar en un **modelo digital** toda la información que se genera sobre un edificio o una infraestructura a lo largo de su ciclo de vida. A partir de la creación y explotación de dicho modelo, se aspira a generar una documentación coherente, fiable y siempre actualizada a la que se llega como resultado de una estrecha colaboración entre todos los actores implicados, lo que se traduce en definitiva en una visión multidisciplinar y a largo plazo del proceso constructivo [1]. De esta manera, utilizaremos el término BIM para referirnos tanto a la metodología como al producto de la misma, el modelo digital [1] (de aquí la salvedad que hemos realizado al traducir el acrónimo inglés).

Hay quien va más allá y propone que el término está evolucionando hacia el de *Building Information Management*, teniendo en cuenta que en realidad lo que se está proponiendo es una gestión integral de la información vinculada al edificio o a la infraestructura.

1.1 Modelo digital

Se llega a él ensamblando o federando modelos parciales (submodelos) [2] que describen partes bien definidas de una construcción [1], y que nos van a llegar de la mano de los diferentes especialistas que participan en el proceso (arquitectos, ingenieros estructuralistas, ingenieros industriales, urbanistas, ...).

Evidentemente, para que se puede desarrollar ese modelo va a ser necesaria una estrecha colaboración entre todos los agentes implicados, que deberán proporcionar la información adecuadamente organizada y estructurada [3].

En la generación de este modelo se procede a representar los elementos constructivos mediante **objetos tridimensionales** (modelado 3D), a los que se incorporará la mayor cantidad posible de información útil, incrementando así las dimensiones del modelo, conforme a la Tabla 1 [4].

Tabla 1. Dimensiones BIM.

<i>3D</i>	<i>4D</i>	<i>5D</i>	<i>6D</i>	<i>7D</i>	<i>nD</i>
Modelo	Tiempo (Control de Ejecución)	Coste (Control de Presupuesto)	Sostenibilidad	Operación y Mantenimiento	

Es por este motivo por lo que al proceso se le denomina **modelado n-dimensional** o simplemente **modelado nD** [5].

El archivo digital así confeccionado posibilita la visualización del modelo, facilita el acceso a la información y reduce el riesgo de errores, al ser regularmente actualizado.

Como consecuencia de la creación del modelo nD es previsible que el trabajo con el mismo reporte una buena cantidad de ventajas, distribuidas a lo largo de todo el ciclo de vida de la construcción. Destacamos algunas de ellas [1] y [6]:

- Facilidad de comunicación entre los distintos agentes.
- Accesibilidad y transparencia en la información, lo que posibilita la toma temprana de decisiones.
- Fiabilidad y precisión de las estimaciones de costes, plazos y resultados.
- Mejora del seguimiento de la ejecución.
- Disminución de riesgos en materia de seguridad y salud.
- Mejora de los beneficios medioambientales.
- Centralización de la información necesaria para el uso y mantenimiento de la construcción.

1.2 Digitalización y oportunidad

Es de todos conocido que el sector de la construcción es uno de los que presenta en cualquier economía unos índices de productividad más bajos, así como un menor grado de digitalización [1]. El resultado es una baja rentabilidad asociada a un mayor riesgo financiero derivado de sobrecostes imprevisibles y de retrasos en la ejecución [2].

Ante la necesidad de modernizar la industria de la construcción, las iniciativas BIM deben concebirse como una magnífica oportunidad para afrontar esa modernización a través de la transformación digital del sector [2]. El reto al que nos enfrentamos es, por lo tanto, grande: ser capaces de desarrollar un entorno digital global en el que se enmarquen todos los procesos constructivos.

Para afrontar este reto, la formación de los profesionales que intervienen en dichos procesos es una de las primeras acciones a acometer.

2. BIM Caminos Santander

Es una iniciativa BIM promovida por la Dirección de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander, a la que ya se han incorporado:

- Diferentes áreas de conocimiento: Expresión Gráfica en la Ingeniería, Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Ingeniería e Infraestructura de los Transportes
- Varios grupos de investigación: EGICAD, GTED, INGEPRO
- Profesionales y empresas, verdaderos agentes del sector de la construcción y la edificación.

Surge con la clara intención de desarrollar una línea de formación BIM en la Escuela que permita mejorar la empleabilidad de los profesionales del sector, mejorando su capacitación en el manejo de herramientas avanzadas de diseño y gestión.

La iniciativa se ha de plasmar en la creación de un Máster de carácter semipresencial, estructurado en unos contenidos eminentemente prácticos y basado en proyectos. Este Máster podrá ser cursado, tanto por profesionales como por recién titulados, por lo que es fundamental establecer a priori los condicionantes de cada grupo:

- En el caso de los profesionales la preocupación fundamental será permitirles conciliar esta formación con su ocupación laboral.
- En el caso de los recién egresados la preocupación fundamental será el poder completar su formación mediante prácticas en una serie de empresas muy motivadas por subsanar la falta de experiencia característica de este colectivo.

2.1 Estructura del Máster (60 ECTS)

BIMCaminos Santander ha iniciado su andadura en el curso 18-19 a través de un Curso de Especialización (14 ECTS) que lleva por título “BIM para Ingeniería Civil (BIM Designer)”. Ampliando contenidos, este primer curso dará lugar al primero de dos títulos de Experto en los que se dividirá el Máster, de 30 ECTS cada uno (Fig. 1).

PRIMER AÑO		EXPERTO BIM EN INGENIERÍA CIVIL (I)	SEGUNDO AÑO	EXPERTO BIM EN INGENIERÍA CIVIL (II)			
Módulo 1	BIM Modeller (3D) en Obra Civil		Módulo 4	Ciclo de vida y otros roles BIM			
	Asignaturas	Civil 3D (I)		3 ECTS	Asignaturas	Replanteos en entornos BIM	2 ECTS
		Civil 3D (II)		1 ECTS		Metodologías para la captura de nubes de puntos 3D	2 ECTS
		InfraWorks (I)		2 ECTS		Realidad virtual y aumentada	2 ECTS
		InfraWorks (II)		2 ECTS		Programador BIM (I)	2 ECTS
Proyecto del Módulo	2 ECTS	Programador BIM (II)	2 ECTS				
Total		10 ECTS	OpenRoads	2 ECTS			
Módulo 2	BIM Designer en Edificación		Programas de Estructuras, Drenaje	2 ECTS			
	Asignaturas	BIM Modeller (3D)	2 ECTS	Formatos de Intercambio y Normalización	1 ECTS		
		Familias BIM (I)	1 ECTS	Metodologías BIM en explotación de Infraestructuras	2 ECTS		
		Familias BIM (II)	1 ECTS	Total	15 ECTS		
		BIM Designer (4D y 5D)	2 ECTS				
BIM Estructuras	2 ECTS	Módulo 5	Trabajo Fin de Máster				
Proyecto del Módulo	2 ECTS	Proyecto del Máster		15 ECTS			
Total		10 ECTS	Total		15 ECTS		
Módulo 3	BIM Manager						
	Asignaturas	BIM 4D - Planificación de Obras	2 ECTS				
		BIM 4D - NavisWorks Manager	2 ECTS				
		BIM 5D - Costes y gestión económica	2 ECTS				
		BIM Manager	2 ECTS				
Proyecto del Módulo	2 ECTS						
Total		10 ECTS					
TOTAL		30 ECTS	TOTAL		30 ECTS		

Figura 1. Estructura del Máster.

2.2 Marco de actuación: Formatos OpenBIM

Es bien sabido que el intercambio de información es esencial para el éxito de todo proyecto, pero en el caso de la generación de modelos BIM lo es aún más. Es por este motivo por lo que merece la pena destacar aquí la importancia que cobrará en el segundo Curso de Experto el estudio de los Formatos de Intercambio y de la Normalización.

Como ya se ha indicado en el apartado 1.1, al modelo digital se ha de llegar federando modelos parciales generados por diferentes profesionales que trabajan cada uno con sus propios paquetes de software. En estas circunstancias, sólo mediante el empleo de procedimientos muy contrastados y adecuadamente coordinados será factible el intercambio de información. Y para que este intercambio sea viable, es necesario contar con formatos de intercambio abiertos (formatos OpenBIM). En el ámbito BIM el formato de colaboración más utilizado es el IFC (Industry Foundation Class), cuyas especificaciones son públicas y por detrás del cual existe una norma internacional oficial (ISO 16739:2013), vigente en España desde 2017 [2].

2.3 Perfil del Alumnado

En el Curso de Especialización que se está desarrollando entre los meses de abril y septiembre de este año 2019, nos encontramos con tres grupos de Alumnos bien definidos, cada uno con sus propias expectativas, que, de manera muy esquemática, serían los siguientes:

- Tres Alumnos de último curso de Grado o Máster, que persiguen formarse en unas tecnologías y unas formas de trabajo que les abran las puertas del mercado laboral.
- Tres Profesionales en paro con la pretensión clara de actualizarse con el curso para reactivarse dentro del sector.
- Tres Profesionales en activo que pretenden mejorar el rendimiento y productividad en las actividades cotidianas de sus respectivas empresas.

2.4 Plataforma

Dado el carácter semipresencial con el que se han concebido los cursos (tanto el de Especialización, que se está impartiendo este año, como los Expertos que se impartirán en años venideros), ha sido necesario adquirir una plataforma que permita interactuar con los Alumnos en tiempo real. El software escogido ha sido *GoToMeeting*, comercializado por LogMeIn [7]: se trata de un paquete de software para reuniones en línea, que permite compartir el escritorio y realizar videoconferencias; asimismo, posibilita que el profesor se pueda reunir con los Alumnos, operando cada uno desde su ordenador (allí donde se encuentre) a través de Internet en tiempo real. Este software ha demostrado ser especialmente versátil favoreciendo una comunicación muy fluida entre profesores y Alumnos.

2.5 Software

Las clases se están impartiendo o se impartirán con los siguientes programas:

- Autodesk: Civil 3D, InfraWorks, Revit, NavisWorks
- Cype Cad, Arquímedes
- Presto
- MicroSoft Project
- Synchro
- Rhinoceros 3D, Grasshopper

Destacar aquí que:

- La extensa utilización que se está haciendo del software de Autodesk tiene que ver, no sólo con la versatilidad que ofrecen las versiones educacionales de este fabricante, sino también con la experiencia que atesora el grupo de investigación EGICAD en el manejo de estos programas fruto de los trabajos de Investigación desarrollados en los últimos años.
- En el caso de Cype y de Project, han sido los propios profesores de las asignaturas correspondientes los que se han decantado por ellos, en buena medida condicionados por la disponibilidad de estos programas para otras asignaturas que ya se imparten en docencia reglada (Grado y Máster) en la Escuela de Caminos.

2.6 Metodología docente

A modo orientativo, se describe en la Tabla 2 la manera en la que se estructura una asignatura tipo de 2 ECTS (50 horas de trabajo) impartida durante tres semanas.

Tabla 2. Dimensiones BIM.

<i>Clase Inversa</i>	<i>Clase síncrona on-line</i>	<i>Práctica síncrona on-line</i>	<i>Tutoría asíncrona</i>	<i>Trabajo personal</i>
10 h	6 h	6 h	6 h	22 h

Clase inversa: se proporciona documentación escrita y vídeos grabados con las explicaciones oportunas para que los Alumnos puedan visualizar los contenidos antes de proceder a comentarlos con el Profesor. Se invita a los Alumnos a que repliquen los vídeos y, en algunas asignaturas, los resultados de esa actividad son evaluados.

Clase síncrona online: los Profesores interactúan con los Alumnos aclarando las dudas que hayan surgido durante la clase inversa; con ese bagaje de partida es posible centrarse en aquellos aspectos del temario que por su complejidad requieren una explicación más exhaustiva.

Práctica síncrona online: los Alumnos desarrollan prácticas directamente tutoradas por los Profesores, quienes cuentan con la posibilidad de trabajar en remoto y resolver en tiempo real las dudas que surgen directamente en las máquinas de los Alumnos.

Tutoría asíncrona: la posibilidad que brinda la plataforma *GoToMeeting* de improvisar reuniones en cuestión de pocos minutos, permite que Alumnos con perfiles tan diversos puedan encontrar huecos en su quehacer diario para contactar con los Profesores y resolver de manera particular sus dudas en sesiones de tutoría, inicialmente no programadas.

Trabajo personal: en una propuesta basada en proyectos como es ésta, toda la formación recibida por los Alumnos (síncrona o asíncrona) se ha de consolidar a través de su trabajo personal. En cada asignatura, se están proponiendo una serie de entregables semanales por asignatura con los que valorar la progresión de cada uno de ellos. A su vez, el conjunto de entregables se encaja dentro de un proyecto de módulo del que tendrán que dar buena cuenta los Alumnos para considerar superado el mismo.

Está previsto además que el desarrollo del Trabajo Fin de Máster durante el segundo curso de experto conlleve, no sólo la entrega, sino también la exposición detallada y el debate de la aportación a ese trabajo de cada uno de los módulos que integran el curso. Esto constituirá una parte significativa de la valoración final del Alumno.

2.7 Proyecto tipo

A modo de ejemplo, se describe a continuación uno de los proyectos planteados a los Alumnos, en este caso correspondiente a la asignatura *InfraWorks*, del Módulo I.

Propuesta: **Proyecto de diseño de una carretera.**

Fase 1. Creación de un escenario.

El Alumno debe crear un modelo digital del terreno sobre el que proyectar una ortofoto y una serie de elementos de la cartografía básica topográfica (en nuestro caso, sólo se requería la incorporación al modelo de la red viaria, la red de ferrocarriles y la hidrografía, todo ello representado mediante estilos que garanticen su adecuada visualización). La zona de estudio se corresponde con la hoja 0083-0305 (en el término municipal de Pesquera) de la Cartografía de Cantabria, referido a un sistema de coordenadas ETRS89, huso 30, norte.

Datos a incorporar (directamente obtenidos de la web <http://mapas.cantabria.es> del Gobierno Regional de Cantabria):

- modelo digital de terreno 2012-2010, LIDAR, 5 m (ver Figura 2)
- ortofoto 2014 PNOA 0,25 m
- cartografía básica topográfica 1/5000 sobre vuelo 2010 (ver Figura 3)

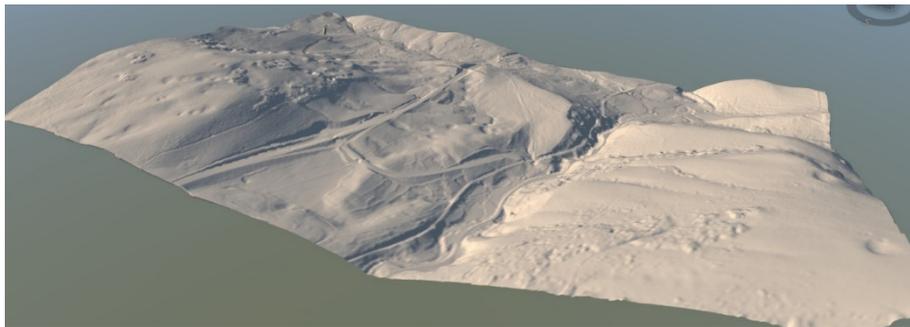


Figura 2. Modelo digital del terreno correspondiente a la hoja 0083-0305, término municipal de Pesquera.



Figura 3. Proyección de la ortofoto y de la cartografía básica topográfica sobre el MDT.

Fase 2. Encaje inicial de la carretera.

En base a unos puntos de control cuyas coordenadas se proporcionan en fichero aparte, el Alumno ha de ser capaz de proponer el trazado inicial de una carretera local, que encaje con el resto de la red viaria; se utilizará como velocidad de proyecto 40 km/h (ver Figura 4).



Figura 4. Diseño inicial de la carretera a partir de puntos de control proporcionados al Alumno.

Fase 3. Definición de la sección transversal.

El Alumno ha de ser capaz de definir la sección transversal de la vía mediante la creación de un ensamblaje que se le describe: sección simétrica integrada por una línea continua central de 0,20 m; dos carriles de 3,50 m (uno a cada lado de la línea central); raya continua de 0,20 m; dos arcenes de 1,00 m; y bordillo a ambos lados de 0,20x0,20 m (el bordillo ascenderá 0,20 m por la cara interior desde la cota de la carretera y descenderá otros 0,20 m por la cara exterior para enlazar con el terreno) (ver Figura 5).

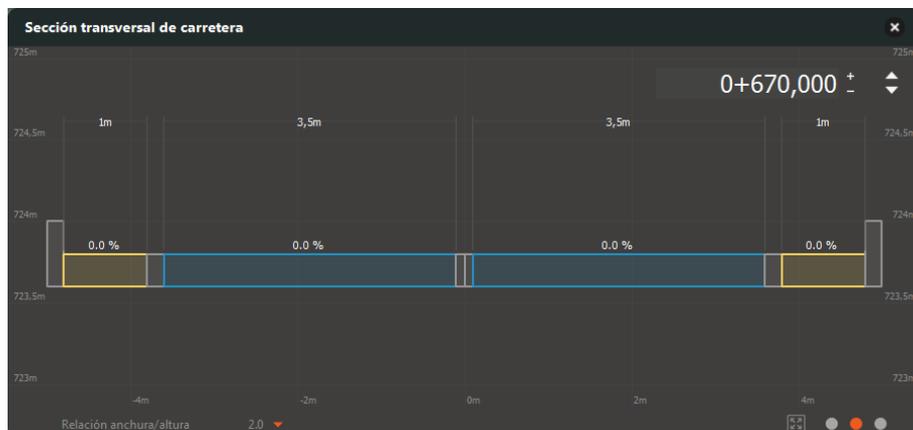


Figura 5. Definición de la sección transversal de la vía.

Fase 4. Diseño en planta y alzado.

El Alumno ha de ser capaz de adaptar el trazado inicial de la carretera para que responda a una serie de especificaciones geométricas (ver Figura 6):

- en planta: se le proporcionan radios de curvatura y parámetros o longitudes de clotoide; y,
- en alzado: se le proporcionan PK's, cotas de los vértices y longitudes de los acuerdos verticales.

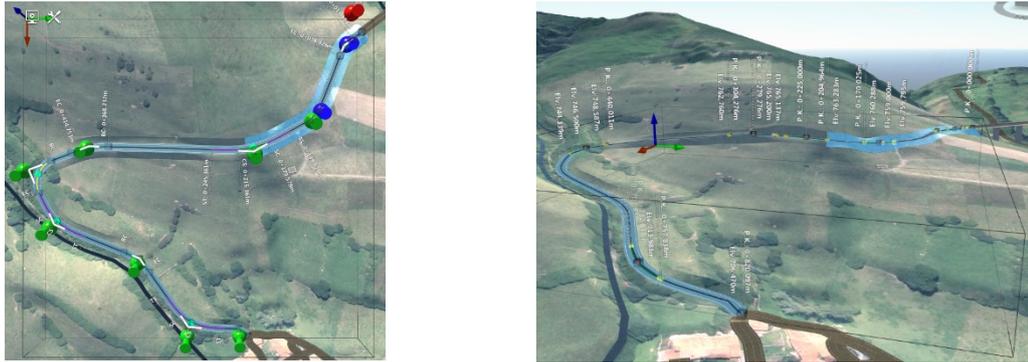


Figura 6. Diseño en planta y en alzado de la carretera.

Fase 5. Caracterización de la explanación.

El Alumno debe definir los taludes de desmonte y terraplén a lo largo de la carretera y modificar el trazado, si lo considera oportuno, para minimizar los movimientos de tierra que requiere la construcción (ver Fig. 7).



Figura 7. Definición de la explanación mediante la caracterización de los taludes de desmonte y terraplén.

Fase 6. Análisis crítico de la geometría y del drenaje.

El Alumno ha de ser capaz de comentar con sentido crítico y proponer soluciones a los problemas que plantea el diseño de la vía (ver Figura 8).

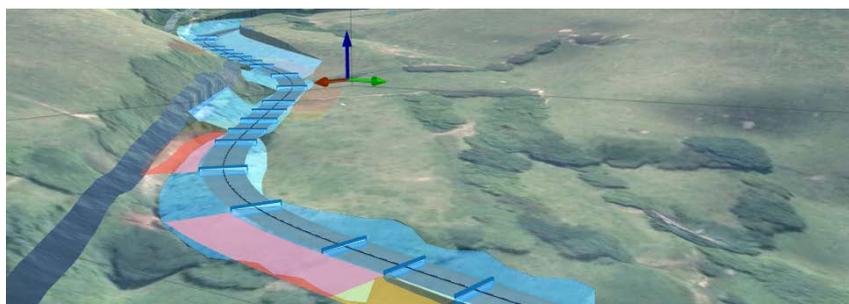


Figura 8. Análisis de peraltes y condiciones de drenaje en la carretera.

Destacar finalmente que por detrás de algunas de estas propuestas se esconden proyectos reales, ya ejecutados, o en vías de ejecución.

3. Conclusiones

Como se ha puesto de manifiesto a través de la presentación, son muchas las ventajas que se derivan de la implantación de la metodología de trabajo BIM. Sin embargo, la falta de formación de los profesionales del sector está retrasando notablemente su implantación. Es por este motivo, que iniciativas como la aquí descrita (BIMCaminos Santander) deben ser bien recibidas. Eso sí, tan sólo con el respaldo decidido de la Administración llegarán a contribuir de manera eficaz a una mejora significativa de los procesos constructivos en nuestro país.

Referencias

1. BIM en ocho puntos. Todo lo que necesitas conocer sobre BIM. Subgrupo 2.1. Documento de difusión. Responsable: Gosalves López, J. Co-responsable: Murad Mateu, M. es.BIM, julio de 2016.
2. Jiménez Abós, P., y Muñoz Gómez, S: Edición del fichero IFC para enriquecer y explotar la información. Spanish Journal of BIM. Nº 18 / 01. Ed. buildingSMART Spanish Chapter. I.S.S.N.: 2386-5784. Págs. 44-53.
3. Introducción a la Serie EN-ISO 19650. Partes 1 y 2. Coordinadores: Muñoz Gómez, S. y Liébana, Ó. Ed. buildingSMART Spanish Chapter, 2019.
4. Carmona, F: ¿Qué es BIM? en: <https://expand.es/blog/qué-es-bim> . Sept de 2018.
5. Qué es BIM. La Educación en la era Digital: <https://ayto-torrijos.com/herramientas/qué-es-bim/>. Mayo 2019. Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo, Grupo de Trabajo sobre BIM de la UE, cofinanciado por la Comisión Europea. EuBIM. En: www.eubim.eu.
6. GotoMeeting Homepage, <https://www.gotomeeting.com/es-es>.

CAPÍTULO II

INNOVACIÓN DOCENTE. EXPERIENCIAS

Elidia Beatriz Blázquez-Parra. Universidad de Málaga

El modelo de Clase Invertida en la ingeniería y en el área de la Expresión Gráfica

M^a. Luisa Martínez Muneta. Universidad Politécnica de Madrid

“Learn design by doing”

Dolores Ojados González, Universidad Politécnica de Cartagena

Presentación del Producto mediante Realidad Aumentada

Ismael Lengua Lengua, Univaersitat Politècnica de Valencia

Enseñanza Virtual. Plataforma Poliformat

II.1. El modelo de Clase Invertida en la ingeniería y en el área de la Expresión Gráfica

Blázquez-Parra, Elidia Beatriz*; Miravet Garret, Laia

Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos. Universidad de Málaga

* ebeatriz@uma.es

Resumen

En este capítulo se presenta el modelo de clase invertida, más conocido a través de su término en inglés *flipped classroom*, desde las características básicas que lo identifican, los objetivos que se plantean hasta su diseño, así como su implantación en el panorama de la ingeniería y específicamente en el ámbito de la Expresión Gráfica. Este modelo pedagógico se emplea junto con metodologías activas, proporcionando un cambio en el paradigma de las clases a nivel universitario centradas en el estudiante, a través de las herramientas y plataformas que aportan las TIC. Se realiza un análisis de la implicación en la ingeniería, su evolución en cuanto a publicaciones científicas. Finalmente se muestran los resultados obtenidos mediante encuestas a docentes y estudiantes.

Palabras clave: clase invertida, *flipped classroom*, metodologías activas, Ingeniería Gráfica.

1. Introducción

Una de las consecuencias de la implantación del plan de Bolonia en el ámbito universitario ha sido el crecimiento a nivel universitario de metodologías docentes activas, teniendo en cuenta que uno de sus objetivos es la creación de un aprendizaje significativo para el estudiante universitario, actuando sobre las competencias y centrándose en el alumnado. Entre las metodologías activas docentes las más conocidas son el *Aprendizaje Basado en Problemas*, en el que el estudiante ha de resolver un problema planteado por el profesor; el *Método del Caso* que consiste en la respuesta del estudiante ante sus propias preguntas; el *Aprendizaje Basado en Proyectos*, ante la formación de subgrupos, generalmente de cuatro, cada uno estudia un tema de trabajo relacionado con el mundo real, llegando a sus propias decisiones; el *Aprendizaje Cooperativo*, en el que los objetivos de cada estudiante están relacionados íntimamente con el de sus iguales, dependiendo unos de otros [1].

En 1998, Walvoord y Anderson [2] a través de sus experiencias académicas, encontraron que los profesores invertían una gran parte del tiempo con problemas y paradojas del sistema de calificación. Con su trabajo proponen un sistema de calificación más justo, más eficiente en términos de tiempo y más favorable para el aprendizaje. A través del estudio de casos proporcionan nuevos caminos para la evaluación de resultados de aprendizaje.

El modelo *flipped classroom* o clase invertida, consiste en un modelo pedagógico en el que el estudiante toma el papel del profesor, siendo una de sus características principales que la docencia fundamentalmente teórica asociada a una asignatura se realiza fuera del aula, por lo que el trabajo de clase es, sobre todo, el refuerzo de los conocimientos adquiridos en casa. Este modelo pedagógico puede estar vinculado a una o varias de las metodologías nombradas anteriormente. En el caso de la Ingeniería Gráfica, aunque no está muy extendido, la Universidad Politécnica de Valencia lo tiene implementado, bajo el amparo de una plataforma, en la que se encuentra bastante material no solo de Expresión Gráfica sino de otras materias y con acceso abierto [3].

2. El modelo de la clase invertida

La creación de la clase invertida se atribuye en la literatura a dos profesores de Woodland Park High School, Bergmann y Sams [4]. En el curso académico 2007-2008 realizaron una serie de videos para que los estudiantes los vieran antes de asistir a las clases, a este modelo lo denominaron *Flipped Classroom 101*, pudieron observar cómo el 80% de los estudiantes aprobaban su asignatura. Con esta experiencia empezaron a transformar un modelo tradicional de docencia, trasladando la carga teórica fuera del aula y haciendo que las clases dentro del aula fuesen más productivas. El empleo del formato audiovisual permite una mayor asimilación de la información de un texto o una presentación por diapositivas y, al mismo tiempo, aporta un aprendizaje más personalizado.

Otro modelo similar desarrollado por Mazur [5] incluye la enseñanza *just-in-time* que añade una realimentación de los estudiantes antes de la clase, por lo que el docente puede prever estrategias y actividades en función de las necesidades que se les plantean a los alumnos del grupo de trabajo.

2.1 Los objetivos

El modelo de clase invertida presenta una serie de objetivos como son:

- Prestar una atención personalizada para cada estudiante
- Compartir el conocimiento entre el alumnado y las comunidades educativas
- Posibilitar el acceso a los contenidos propuestos por el docente en cualquier momento
- Crear un clima de aprendizaje cooperativo dentro y fuera del aula
- Involucrar a los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje

2.2 Comparativa entre la clase tradicional y la clase activa

La clase tradicional se caracteriza por una metodología pedagógica en la que el profesor es el principal transmisor del conocimiento en el aula, véase figura 1. Se trata de un método centrado en el profesor y la enseñanza centrada en el aula, pues es dentro de la clase donde el estudiante asimila el aprendizaje y es fuera del aula, a través de tareas, donde refuerza dicha asimilación.



Figura 1. Características de la clase tradicional y la clase activa según la temporización.

En las universidades tradicionalmente el profesor es el transmisor del conocimiento, siendo el estudiante un sujeto pasivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, la clase activa se centra en el estudiante. Hay, por lo tanto, un cambio de mentalidad, el estudiante es el protagonista con una implicación mayor en las clases, tiene que participar y desarrollar las habilidades del aprendizaje, como escuchar, escribir y pensar [6]. Además, tienen una mayor oportunidad de resolver problemas, preguntar dudas, cooperar con los compañeros o dar una disertación de un determinado tema. Este método de aprendizaje es activo y cooperativo y muestra una mayor efectividad en los resultados de aprendizaje de los estudiantes. El principal objetivo que se plantea es que los docentes conduzcan al estudiante hacia una mayor responsabilidad en el aprendizaje.

La clase invertida se caracteriza por la división en tres periodos de tiempo: antes, durante y después de clase. Antes de la clase el profesor prepara los contenidos que desea que el estudiante asimile y el estudiante, a través de material audiovisual lo recibe y visiona previo a la clase. Ya en el aula se trabaja en la materia, previo conocimiento del estudiante, sacándole un mayor partido. Finalmente, después de clase se refuerza los conocimientos adquiridos.

En las investigaciones realizadas por algunos autores [6], estos comparan las diferencias existentes entre la clase tradicional y el *e-learning*, relacionado con la involucración del comportamiento del alumnado. En ambos sistemas los resultados sugieren que no hay una diferencia significativa entre las metodologías activas y la clase tradicional, aunque las metodologías activas presentan un aprendizaje de más alto nivel.

2.3 Herramientas empleadas

Actualmente el desarrollo de la tecnología en materia de educación ha permitido un cambio en las herramientas de las que el profesor puede hacer uso. Para la preparación de las clases, el docente puede seleccionar el material disponible que va a emplear en un determinado tema, o bien puede elaborar su propio material, como se muestra en la figura 2. Si se centra en la creación de contenidos, se puede diferenciar entre aquel material obtenido a través del ordenador, empleando software para la creación de videos como puede ser, por ejemplo, el programa Camtasia, o bien el empleo de herramientas 2.0 o 3.0, fundamental para el contenido *on-line*, o bien el uso de tabletas y móviles que cada vez realizan videos de mayor calidad.

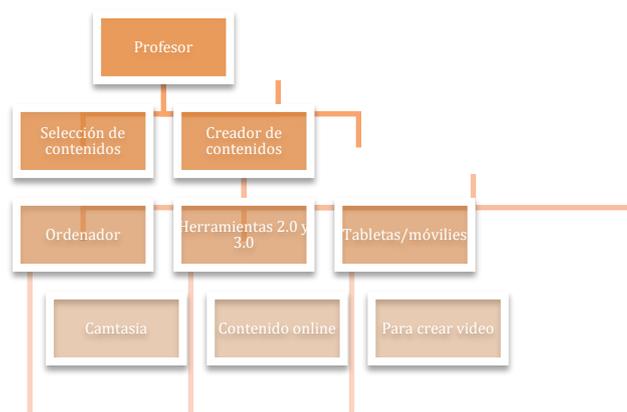


Figura 2. Herramientas empleadas para la preparación de material.

La duración de los vídeos que se preparen debe de ser ente 5 y 12 minutos para que sean efectivos [7], una duración mayor hará que se pierda el interés. Si es necesario, sería recomendable realizar varios vídeos para explicar contenidos que precisen un mayor tiempo para su comprensión, fragmentándolos de manera adecuada. Aunque para una sesión no es recomendable utilizar más de 2 o 3 vídeos [8]. La exposición ha de ser clara y atractiva y con ejemplos.

2.4 Ejemplo de una clase

Como se ha indicado en el apartado 2.2 podemos distinguir tres fases:

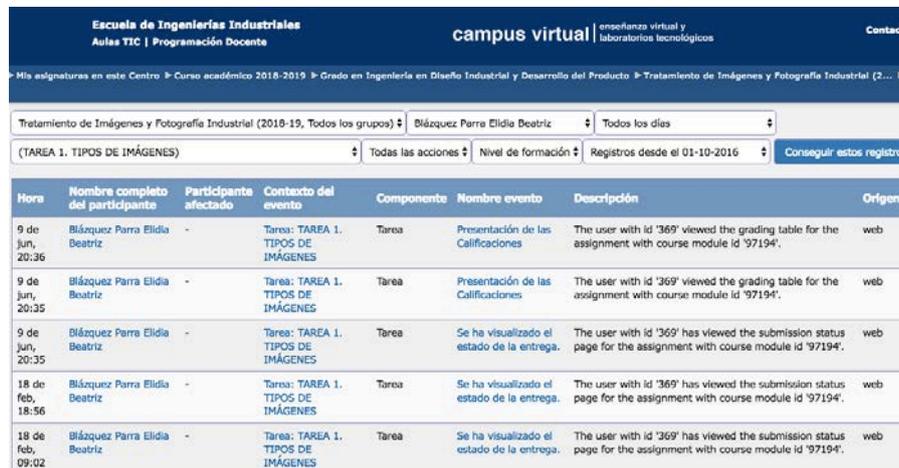
- Fase 1: Antes de la clase
- Fase 2: Durante la clase
- Fase 3: Después de la clase

2.4.1 Fase 1. Antes de la clase

En la primera fase, previa al aula, el profesor determina y selecciona los temas y contenidos significativos, describiendo los objetivos y las competencias que han de obtener [9]. En caso necesario, editará el vídeo con los contenidos claves [10]. Además, pone a disposición del alumnado mediante el empleo de plataformas, como es Moodle, el material necesario para alcanzar los conocimientos suficientes que se van a trabajar en el aula. Asimismo, en esta fase de diseño de la actividad se ha de tener en cuenta presentar a los estudiantes la actividad y la finalidad del cambio educativo, así como dar las claves necesarias para ver los vídeos y tomar apuntes de las ideas principales.

El estudiante verá en casa los vídeos proporcionados y realizará una serie de cuestionarios previos sobre el trabajo realizado, de tal forma que proporcione una realimentación para el profesor del resultado obtenido. El profesor analiza los resultados y, en base a los mismos, planifica su sesión del aula. Actualmente, en prácticamente todas las universidades españolas está implantada una plataforma para la creación y gestión de espacios de aprendizaje *on-line*, tal es el caso de la plataforma Moodle, un sistema web dinámico basado en la tecnología PHP y

bases de datos MySQL. Esta plataforma permite que el profesor pueda crear tareas y gestionar el empleo de esta por parte del estudiante, siendo un vehículo que facilita antes de la clase que el profesor tenga conocimiento de quién ha trabajado con el material proporcionado, un ejemplo se muestra en la figura 3.



Hora	Nombre completo del participante	Participante afectado	Contacto del evento	Componente	Nombre evento	Descripción	Origen
9 de jun, 20:36	Blázquez Parra Elidia Beatriz	-	Tarea: TAREA 1. TIPOS DE IMÁGENES	Tarea	Presentación de las Calificaciones	The user with id '369' viewed the grading table for the assignment with course module id '97194'.	web
9 de jun, 20:35	Blázquez Parra Elidia Beatriz	-	Tarea: TAREA 1. TIPOS DE IMÁGENES	Tarea	Presentación de las Calificaciones	The user with id '369' viewed the grading table for the assignment with course module id '97194'.	web
9 de jun, 20:35	Blázquez Parra Elidia Beatriz	-	Tarea: TAREA 1. TIPOS DE IMÁGENES	Tarea	Se ha visualizado el estado de la entrega.	The user with id '369' has viewed the submission status page for the assignment with course module id '97194'.	web
18 de feb, 18:56	Blázquez Parra Elidia Beatriz	-	Tarea: TAREA 1. TIPOS DE IMÁGENES	Tarea	Se ha visualizado el estado de la entrega.	The user with id '369' has viewed the submission status page for the assignment with course module id '97194'.	web
18 de feb, 09:02	Blázquez Parra Elidia Beatriz	-	Tarea: TAREA 1. TIPOS DE IMÁGENES	Tarea	Se ha visualizado el estado de la entrega.	The user with id '369' has viewed the submission status page for the assignment with course module id '97194'.	web

Figura 3. Perfil de profesor de la plataforma Moodle.

2.4.2 Fase 2. Durante la clase

Una estrategia llevada a cabo por algunos docentes consiste en dividir al alumnado en tres grupos:

- Grupo A, corresponde a los estudiantes que no hicieron el trabajo previo.
- Grupo B, estudiantes que vieron el material audiovisual, pero tienen dudas.
- Grupo C, estudiantes que vieron el material y no presentan preguntas.

El desarrollo de la clase será en tres tiempos y la aplicación de alguna metodología activa como, por ejemplo, el aprendizaje cooperativo entre pares o la técnica puzzle, consiguiendo una atención selectiva personalizada.

En un primer tiempo los estudiantes del grupo A trabajarán con el material audiovisual, mientras que los grupos B y C se combinarán por pares con el fin de que los estudiantes del grupo C puedan resolver las posibles dudas planteadas por el grupo B, reforzando el conocimiento y desarrollando habilidades de transmisión y comprensión.

En el segundo tiempo, el profesor proporcionará tareas que han de resolver en grupos heterogéneos formado por componentes del grupo A, B y C, véase en figura 4.



Figura 4. Estudiantes de la Escuela de Ingenierías Industriales trabajando con metodologías activas.

Las actividades prácticas diseñadas se relacionan directamente con el material audiovisual preparado de manera que los estudiantes profundicen en los contenidos, como se ve en la figura 5.

 TAREA 2. Leer imágenes en MATLAB

 Ejercicio 1. Leer una imagen en color

Realizar un programa en matlab, al que le denominéis leer_XXX.m, en el que XXX correspondan a las iniciales de vuestro nombre y apellidos.

Este programa tiene que constar de las siguientes partes:

1. Lea una imagen en color que vosotros elijáis.
2. Nos de información de dicha imagen.
3. Muestre la imagen original en pantalla.
4. Se le asigne una variable R, G y B, para cada uno de los canales.
5. Muestre en pantalla las imágenes resultantes de cada uno de los canales R, G y B

Figura 5. Ejemplo de actividad.

La figura del profesor se encuentra en la clase como guía y dinamizador, interactuando con todos los estudiantes a través de preguntas con el fin de conseguir que ningún alumno se encuentre aislado o callado y motivando el uso del material previo a cada sesión.

2.4.3 Fase 3. Después de la clase

En esta fase se refuerza el conocimiento y las competencias adquiridas en las fases anteriores. Desde el punto de vista del docente, se ha de tener en cuenta que la asignatura que imparte no es la única del grado en el que tiene asignada la docencia y una carga extra de trabajo de otras asignaturas o una evaluación cercana afecta al normal desarrollo de la asignatura. Con respecto a la evaluación, para que los resultados sean acordes con el proceso, los criterios de evaluación han de estar en concordancia con los contenidos, los objetivos, las actividades planificadas y las competencias.

Mediante la aplicación del modelo de clase invertida se puede constatar lo que se indica en la figura 6.



Figura 6. Consecuencias de la aplicación del modelo de clase invertida.

3. Panorama de la investigación sobre la clase invertida en los estudios de ingeniería

A continuación, se va a exponer cuál es la situación actual de la investigación y los principales resultados sobre la implementación de la clase invertida en estudios de ingeniería y, en particular, en las disciplinas del área de conocimiento de la Expresión Gráfica en la Ingeniería.

En una revisión sistemática de las investigaciones realizadas sobre el modelo de la clase invertida en las enseñanzas de ingeniería en general [11], se compararon en treinta estudios los resultados de la efectividad del aprendizaje frente al método tradicional. En la figura 7 se muestran gráficamente los resultados, donde se observa que el 48% de dichos estudios concluyeron obtener mejores resultados que con el método tradicional, si bien solo siete autores dedujeron una significación estadística, mientras que el resto solo indicaron aumentos de las puntuaciones medias. Otros trece estudios mostraron una mejora en la efectividad del aprendizaje más moderada o indiferente, frente a únicamente tres estudios que determinaron peores resultados al aplicar el modelo de la clase invertida y evitar las clases teóricas tradicionales.

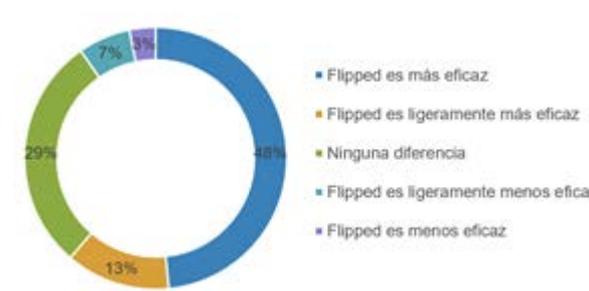


Figura 7. Efectividad de la clase invertida basada en el análisis de treinta estudios (Fuente: [11]).

El modelo de clase invertida todavía no está muy extendido en el contexto de la educación superior [12]. Apenas existen investigaciones sobre su aplicación en estudios universitarios. A pesar de que la metodología basada en este modelo y, en general, los contenidos de los estudios de ingeniería comparten una fuerte componente visual y gráfica, que sentencia una especial idoneidad a la hora de implementar dicho modelo, el uso del aula invertida ha recibido poca atención y, en la actualidad, solo existe un número limitado de investigaciones [13]. Hasta el año 2015, apenas constan 62 estudios en la literatura [11], aunque como puede observarse en

la figura 8, a partir del año 2012 ha ido aumentando de forma exponencial al tratarse de un fenómeno que comienza a despertar un mayor interés, a tenor del número de publicaciones científicas en este sentido, siendo más numerosas las encontradas en actas y resúmenes de conferencias.

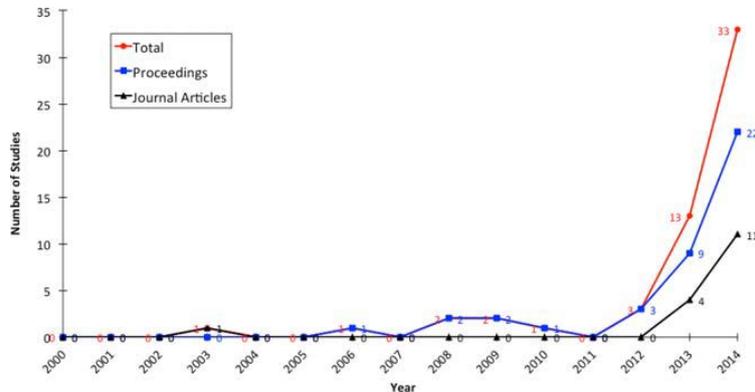


Figura 8. Revisión del número de publicaciones científicas sobre el modelo de clase invertida en estudios de ingeniería desde el año 2000 hasta mayo de 2015 (Fuente: [11]).

Sin embargo, el sistema de aprendizaje de la clase invertida es especialmente adecuado para ingenieros, no solo por la aparente idoneidad de los contenidos sino también por la formación de tipo profesional y personal que conlleva [14]: “el mercado global competitivo de hoy y el entorno laboral cambiante exigen que los ingenieros posean «soft skills» (habilidades actitudinales) además «hard skills» (habilidades técnicas), y deben ser capaces de comprender los objetivos del proyecto y tener la capacidad de cumplirlos con los recursos disponibles. (...) Los programas de ingeniería se enfrentan al reto de encontrar maneras innovadoras de aprendizaje, para que los graduados estén preparados para asumir los retos del siglo XXI a los que se enfrentan.”

En este sentido, las principales competencias que van a adquirir los estudiantes son:

- Compromiso
- Independencia
- Fomento de la colaboración y aprendizaje entre alumnos
- Énfasis en la actividad cognitiva de los alumnos, descubriendo nuevos conocimientos
- Mayor sensación de eficacia por parte del alumno

De esta forma, se consigue que el aprendizaje vaya más allá de los meros contenidos y del curso académico, ya que la implicación del alumnado en el modelo de clase invertida le supone una experiencia donde el grupo se hace consciente de la importancia de la responsabilidad de los propios aprendizajes como uno de los principales beneficios [15-17].

El resultado son alumnos más autónomos, capaces no solo de resolver problemas relacionados meramente con el contenido teórico sino también de adaptarse a los problemas reales a los que se enfrentarán durante el ejercicio de su profesión, así como aquellos que plantean los

futuros sistemas de trabajo y, en general, estudiantes con mayor determinación y confianza en sí mismos.

3.1 El panorama de la investigación de la clase invertida en asignaturas de Expresión Gráfica en la Ingeniería

Cuando se acotan las investigaciones sobre la aplicación de la clase invertida en asignaturas de Expresión Gráfica en la Ingeniería, como se realizó en una búsqueda exhaustiva para esta investigación en particular, apenas se alcanza la decena [14, 18-21].

Sin embargo, los datos que arrojan estos estudios apuntan a que en un futuro próximo el modelo del aula invertida seguirá tomando impulso en estas disciplinas concretas:

- En el año 2016, la encuesta “*Coventry University Staff Survey on Flipped Teaching Provision*” mostró que el 89% de los encuestados en áreas de ingeniería utilizaban el FLM (*Flipped Learning Model*) [14].
- En una encuesta realizada en los años 2014 y 2015 a 57 miembros de la “*Engineering Design Graphics Division (EDGD)*” perteneciente a la “*American Society for Engineering Education (ASEE)*”, el 51% de ellos había utilizado el método de la clase invertida en los últimos 5 años y un 76% afirmó que tenía previsto hacerlo en los siguientes años académicos. Además, el 92% consideró que el modelo de clase invertida es la más adecuada para estudios de grado y licenciatura y el 90% para estudiantes de máster [18].

Según la encuesta realizada a los miembros de la ASEE [18], son tres los principales motivos que incitan al profesorado a “dar la vuelta” al aula: la motivación de los alumnos a formarse con este modelo fuertemente basado en su compromiso, la mejora de la participación de los estudiantes en la asignatura y la disposición de un mayor tiempo para trabajos prácticos y de resolución de problemas. Otra motivación significativa fueron las perspectivas de alta eficiencia. En la figura 9 se recoge como el coste de esfuerzo y tiempo de preparación de las clases, la inquietud intelectual de los docentes o la aplicación de la clase invertida con fines de investigación, apenas fueron estímulos para un 3% del personal encuestado.

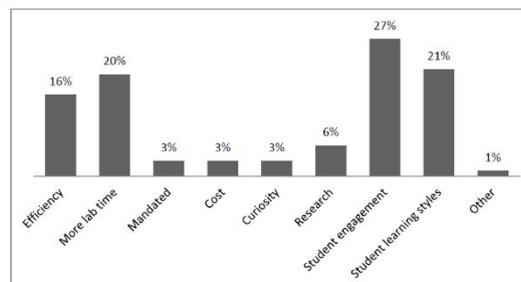


Figura 9. Motivaciones para usar el modelo de enseñanza de clase invertida (Fuente: [18]).

Las principales preocupaciones o inseguridades que los profesores mostraron en el estudio anterior sobre el modelo de clase invertida, fueron las siguientes:

- Las capacidades de los alumnos, así como estudiantes con necesidades especiales de aprendizaje.
- Mayor tiempo de dedicación de los estudiantes fuera de clase, lo que se percibe como un hándicap que puede desmotivar a los alumnos.
- Falta de comprensión de las expectativas de la clase invertida por parte del alumno (acostumbrados al sistema tradicional).
- Mayor tiempo de planificación, creación y gestión de los contenidos para el profesor.
- Educación a distancia, causando preocupación la posible pérdida de la esencia de la figura del docente y, en particular, de los beneficios de las relaciones presenciales entre profesor-estudiante.
- Adecuación de los contenidos al nuevo formato (vídeos, etc.).
- No existen aún evidencias fuertemente significativas de la efectividad de la clase invertida frente a la tradicional.

Sin embargo, al revisar las investigaciones de la aplicación de la clase invertida en la docencia de la Expresión Gráfica ha resultado de especial interés comprobar que, si bien en algunos casos existe sintonía entre los resultados de las investigaciones, en otros, algunos de los factores planteados por algún autor como posibles debilidades para otros son auténticas fortalezas. En la tabla 1 se muestra una comparativa de algunos de los argumentos enumerados anteriormente y se comparan según la percepción que se han tenido de los mismos en diversos estudios.

Así, las posibles diferencias de capacidades del alumnado dentro de un mismo grupo y los diferentes niveles de conocimiento de los fundamentos teóricos que puedan tener, encontró en la clase invertida un gran apoyo a la hora de igualar las posibles diferencias entre los 25 estudiantes de Geometría Descriptiva del primer año de Ingeniería Electromecánica de la Universidad de San Petersburgo [14] al comprobar que como cada alumno tiene un estilo de aprendizaje único y una propia velocidad de percepción, mediante este sistema podían aprender a su ritmo y de manera autónoma, sin el perjuicio que pueden conllevar las clases teóricas presenciales en las que los alumnos con menor nivel, a veces no pueden seguir el ritmo durante la exposición oral del profesor. Además, como las clases dejan de ser teóricas para tornarse en prácticas, esta queda centrada en el alumnado, de forma mucho más individualizada, los profesores tienen más libertad de participar con ellos y tratarlos con mayor dedicación. Otros autores [19] también afirmaron que se liman las diferencias entre repetidores (con conocimientos previos) y nuevos estudiantes, para los que la clase invertida demostró ser un método eficiente para superar las dificultades iniciales de los nuevos estudiantes que tratan por primera vez con un sistema CAD/CAE. En cualquier caso, una posible solución consistiría en abordar al inicio de la clase mediante el aprendizaje tradicional algunos de los conocimientos más esenciales, aun a costa de “contaminar” la esencia de la clase invertida [22].

Tabla 1. Comparación de la percepción de componentes de la clase invertida según diferentes estudios. El color más intenso indica mayor gravedad cuando es percibido como un problema. El color claro indica una percepción positiva del componente.

Flipped Instruction in Engineering Graphics Courses: Current Landscape and Preliminary Study Results of Instructors' [18]	Systematic Review and Results of the Experiment of a Flipped Learning Model for the Courses of Descriptive Geometry, Engineering and Computer Graphics, Computer Geometry [14]	Preliminary results of the implementation of flipped classroom concept in CAE-assisted mechanics laboratories [19]	Interdisciplinary flipped learning for engineering classrooms in higher education: Students' motivational regulation and design achievement [8]
Nivel y capacidades de los estudiantes	Aprendizaje único y propia velocidad de percepción. Clase centrada en el estudiante	Se liman las diferencias entre los repetidores (con conceptos previos) y los nuevos	
Educación a distancia	Papel del profesor aun más significativo, acción de guía y estrecha relación profesor-estudiante		
Problemas intrínsecos al uso de la tecnología	Los estudiantes están más acostumbrados a emplear gran variedad de dispositivos de información		
Mayor tiempo de planificación y gestión de los contenidos	Elevado esfuerzo de presentar en formato digital de libro una gran cantidad de contenidos		
No existen evidencias significativas de enseñanza	Mayor sensación de aprendizaje, pero sin evidencias de mejora del rendimiento de los exámenes	En las pruebas finales de CAD/CAE, si obtuvieron mejores puntuaciones	Se lograron mejores diseños tanto funcionales como estéticos

La figura del profesor es aún más significativa, por su acción de guía y la estrecha relación profesor-estudiante en las clases presenciales prácticas [14]. De esta forma, desaparece el posible temor de que la clase invertida se convierta en un sucedáneo de la educación a distancia y vaya en detrimento de la relación directa entre profesor-estudiante forjada en las aulas tradicionales.

Los problemas intrínsecos al uso de la tecnología son más frecuentes en estudios preuniversitarios, y en clases sociales bajas [18]. En estudios superiores, son excepcionales los estudiantes que no disponen de ordenadores con acceso a la web [14] ya sea en su propio domicilio o en el propio centro universitario y prácticamente la totalidad de ellos disponen de teléfono móvil con navegador.

En cuanto a la falta de estudios que garanticen el éxito de su implementación en términos de efectividad en la asignatura, dos estudios evidenciaron mejores puntuaciones de los

estudiantes [19,20], y un tercero si bien no mostró una mejora en el rendimiento de los exámenes, los estudiantes sí percibieron un mejor aprendizaje [14].

Posiblemente el principal reparo a la hora de adoptar la clase invertida es el elevado tiempo de planificación, creación y gestión de los contenidos, sobre todo para reproducir la gran cantidad de contenidos en formatos digitales [14, 18], siendo un inconveniente para el que los diversos estudios analizados no muestran una solución notoria.

4. Experiencia en la Escuela de Ingenierías de Industriales de la Universidad de Málaga

Cada vez más la metodología activa se va incorporando a las aulas de la Escuela de Ingenierías Industriales, aunque si se realiza un estudio porcentual del empleo de las metodologías activas teniendo en cuenta las asignaturas impartidas en las ocho titulaciones de grado de Ingeniería Industrial, junto con las de doble grado y estudios de posgrado, el porcentaje es muy bajo.

Trujillo-Aguilera et al. [23] han realizado un estudio de investigación mediante la realización de encuestas en base a la técnica Delphi, tanto a nivel de profesorado como de alumnado, siendo la participación de 17 docentes y de 197 estudiantes, en un total de 40 preguntas (18 para docentes y 22 para estudiantes). En dicho estudio se puede observar que el modelo de clase invertida es un excelente mecanismo para la innovación educativa que permite aprovechar al máximo el tiempo de los estudiantes y mejorar sus habilidades.

En la figura 10 se muestra algunos de los resultados de las encuestas que se realizaron *on-line*. En dichas encuestas se aprecia como la confianza ante la visualización por parte del estudiante de los materiales preparados por el docente es de un 60%, por lo que supone una gran proporción de estudiantes que podrían llegar al aula sin el trabajo realizado. Para ello, el docente tiene una labor de motivación para que el estudiante pueda en el transcurso de la clase ponerse al nivel de los demás compañeros.

Desde el punto de vista del profesorado, a priori este modelo resulta ser beneficioso tanto para la parte práctica como para la teórica, teniendo una mayor repercusión en la teoría.

Para el estudiante supone un reto la responsabilidad del aprendizaje, por lo que la opinión sobre su disposición es dudosa. Un caso similar se plantea en la práctica con respecto a la efectividad del método de enseñanza-aprendizaje, que aún genera dudas, lo cual influye directamente en su adopción como modelo, pese a estudios previos realizados. Finalmente, para concluir con las preguntas escogidas, indicar que prácticamente el 80% de los estudiantes afirman que incentivaría la asistencia a las clases presenciales.

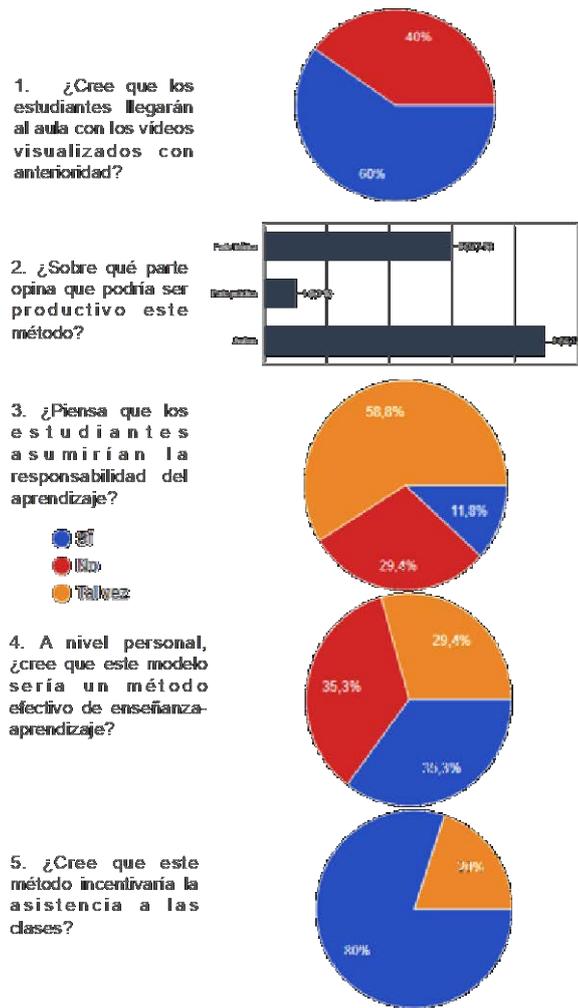


Figura 10. Ejemplos de los resultados que se realizaron a docentes y a estudiantes.

5. Conclusiones

El modelo de clase invertida supone un cambio en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El estudiante pasa a ser un agente activo y foco fundamental de su aprendizaje. Es un modelo pedagógico que se ha de emplear en consonancia con metodologías activas que hagan efectivo el método. No significa un paso hacia la universidad a distancia por el hecho de disponer del material audiovisual previo a la clase, sino que bien ejecutado es el medio por el que se implementa, como se ha comprobado en los estudios analizados, una enseñanza personalizada que se adapta al estudiante, en el que para alcanzar las competencias puede llevar un ritmo diferente pero adecuado a sus características.

Las herramientas tecnológicas de las que se disponen a día de hoy facilitan el diseño, desarrollo y puesta en marcha de este tipo de modelos, en los que el empleo de plataformas y programas de edición, gestión y análisis son fundamentales.

Este tipo de modelo se adapta perfectamente a la docencia relacionada con la Ingeniería Gráfica, en la que los modelos virtuales, animados, tridimensionales facilitan la comprensión

en los estudiantes que carecen de una visión espacial, pudiendo trabajar ese aspecto en el aula, una vez que el estudiante ha participado activamente en el modelo.

El futuro ingeniero adquiere competencias y capacidades espaciales, además que con este modelo se fomentan las habilidades tanto actitudinales como técnicas, imprescindibles para el desarrollo de la profesión.

Referencias

1. Metodologías activas y flipped classroom.
<https://www.theflippedclassroom.es/metodologias-activas/>. Last accessed 2019/06/30.
2. Walvoord, B. E. y Anderson, V. A. (1998). *Effective Grading: A Tool for Learning and Assessment in College*. Estados Unidos: John Wiley & Sons.
3. Universidad Politécnica de Valencia. <https://media.upv.es/#/portal>. Last accessed 2019/06/30.
4. Bergmann, J., y Sams, A. (2014). Flipping For Mastery, *Educational Leadership*, 71 (4) 24-29.
5. Mazur, E. (2014). *Peer Instruction. A User's Manual*. Essex: Pearson Education Limited.
6. LI, F. QI, J., WANG, G. y WANG, X. (2014). Traditional classroom vs e-learning in higher education: Difference between students' behavioural engagement. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 9 (2), 48-51.
7. Santiago, R., Díez, A. y Andía, L. A. (2018). Flipped classroom: 33 experiencias que ponen patas arriba el aprendizaje, 163.
8. Jordan-Lluch, C., Pérez Peñalver, M. y Sanabria-Codesal, E. (2014). Flipped classroom: Reflexiones y opiniones de los implicados. In *Jornadas de Innovación Educativa y docencia en Red de la Universitat Politècnica de València*, 310–323. Editorial Universitat.
9. Soto García, I. (2018). Flipped classroom como herramienta para fomentar el trabajo colaborativo y la motivación en el aprendizaje de geología Edutec. *Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, 66.
10. González, N. y Carrillo, G. A. (2016). ¿Cómo aplicar la flipped classroom en primaria? *Aula*, 250, 46–50.
11. Karabulut-Ilgu A., Jaramillo Cherez, N., Jahren, T. C. (2018). A systematic review of research on the flipped learning method in engineering education, *British Journal of Educational Technology*, 49 (3) 398-411.
12. Chen, Y., Wang, Y., Kinshuk, y Chen, N. S. (2014). Is FLIP enough? Or should we use the FLIPPED model instead. *Computers and Education*, 79, 16-27.
13. Kerr, B. (2015). The flipped classroom in engineering education: A survey of the research. *Proceedings of 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, Florence, Italy.
14. Voronina V. M., Moroz, O. N., Sudarikov, A. F., Rakhimzhanova, M. B., Muratbakeev, E. Kh. (2017). Systematic Review and Results of the Experiment of a Flipped Learning Model for the Courses of Descriptive Geometry, Engineering and Computer Graphics, Computer

- Geometry. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13 (8), 4831-4845.
15. Baughman, J., Hassall, L., Xu, XW. (2017). Student Perceptions of Flipping a Mechanical Engineering Design Course. *International Journal of Engineering Education* 33 (5) 1575-1585.
 16. Khan, M., Ibrahim, M. (2017). Flipped Classroom in Technology Courses - Impact on Personal Efficacy and Perception Based on Learning Style Preferences. *Proceedings of the 2017 7TH IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*.
 17. Gross, SP., Musselman, ES. (2017). Implementation of an Inverted Classroom in Structural Design Courses. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 144 (3).
 18. Kelly P., Clark, A. C., Ernst, J. V., Suttin, K. G. (2016). Flipped Instruction in Engineering Graphics Courses: Current Landscape and Preliminary Study Results of Instructors' Perceptions. *American Society for Engineering Education 123rd Annual Conference & Exposition*. New Orleans, LA.
 19. Andres, J., Mora, M.C., Roda-Casanova, V. (2018). Preliminary results of the implementation of flipped classroom concept in CAE-assisted mechanics laboratories, *12th International Technology, Education and Development Conference (INTED)*, Valencia, Spain.
 20. Park, S. Kaplan, H., Schlaf, R. (2018). Interdisciplinary flipped learning for engineering classrooms in higher education: Students' motivational regulation and design achievement, *Computer Applications in Engineering Education*, 26 (3) 589-601.
 21. Garcia-Garcia, C., Serrano, J. G., Garcia, D. J. D., Escrig, R. I., Boado, A. R. (2015). Flipped Learning Methodology application in Graphic Design. *9th International Technology, Education and Development Conference (INTED)*, Madrid, Spain.
 22. Estevez-Ayres, I., Fisteus, J. A., Uguina-Gadella, L., Alario-Hoyos, C., Delgado-Kloos, C. (2018). Uncovering Flipped-Classroom Problems at an Engineering Course on Systems Architecture Through Data-Driven Learning Design. *International Journal of Engineering Education*, 34 (3) 865-878.
 23. Trujillo-Aguilera, F. D., Blázquez-Parra, E. B., Pérez-Herrera, A. (2019). La metodología de clase invertida para la mejora del proceso de enseñanza/aprendizaje en la Electrónica de Potencia: opinión de docentes y estudiantes. *Libro de resúmenes de los trabajos aceptados en el XVI Foro Internacional sobre la Evaluación de la Calidad de la Investigación y de la Educación Superior (FECIES)*, 539.

II.2. Una experiencia de “Learn desing by doing”

Martínez Muneta, María Luisa

Dep. Ingeniería Mecánica. ETS Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid

luisa.mtzmuneta@upm.es

Resumen

Desde la implementación de los programas académicos bajo el marco del EEES, los docentes han tenido que modificar la impartición de las asignaturas adaptándose a nuevas estrategias que permitan desarrollar las competencias definidas en el título. Bajo el marco del denominado “learning by doing” se agrupan diferentes estrategias. Se presenta las diferentes características de este tipo de enseñanza y se ofrece un análisis DAFO de la misma. El estudiante se convierte en protagonista activo de su aprendizaje y está acompañado en todo momento por un profesor.

Esta estrategia se ha implantado en diferentes asignaturas del Grupo de Ingeniería Gráfica obteniéndose una respuesta satisfactoria en los estudiantes.

Palabras clave: Diseño en Ingeniería, Ingeniería Gráfica, learning by doing, PBL, competencias.

1. Introducción

Los programas de estudio de ingeniería tras su adaptación al espacio europeo de educación superior se basan en el desarrollo de competencias específicas y transversales. Para ello es necesario la adopción de nuevas estrategias docentes que permitan a los estudiantes el desarrollo de conocimientos y destrezas de forma simultánea. Dentro de todas ellas destacan las estrategias denominadas “Learning by doing”; aprender haciendo. Estas metodologías corresponden a un aprendizaje experiencial y activo. En ellas el estudiante se convierte en protagonista de su propio aprendizaje motivándoles a participar y fomentar su propio proceso de aprendizaje. Indirectamente evitan compartimentar los conocimientos de diferentes asignaturas relacionándolos entre sí.

Dale [1] desarrolló el conocido cono de la experiencia que ha sido utilizado por numerosos pedagogos para argumentar el uso de las metodologías activas en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

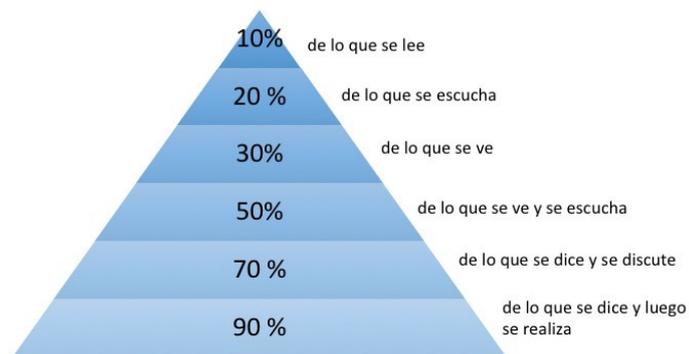


Figura 1. Cono de la experiencia. Representa el % de lo que las personas recuerdan de acuerdo a la actividad que realizan [1].

Miller [2] desarrolla un modelo de competencias basado en el desempeño inicialmente pensado para carreras de Medicina. Establece 4 niveles donde el nivel 1 corresponde al conocimiento necesario para desarrollar una actividad, El nivel 2 corresponde al “saber cómo” a conjugar el conocimiento aprendido y combinarlo para la resolución de un problema. El nivel 3 combina el “saber 2 junto con el “saber cómo” para la resolución de un caso de forma más autónoma. El nivel 4 correspondería a la práctica profesional.

La evaluación de las competencias se inicia en el nivel y su complejidad aumenta junto con el nivel adquirido.



Figura 2. Niveles de desempeño según Miller [2].

2. “Learning by doing”

Dentro de esta tendencia del “learning by doing” ha destacado el aprendizaje basado en proyectos (PBL). En este el aprendizaje se realiza alrededor de problemas de ingeniería realistas donde los estudiantes aplican los conocimientos teóricos aprendidos. La eficacia de estas actividades PBL está contrastada en muchos estudios ya sea de educación básica, superior y universitaria y dentro de diferentes ámbitos ya sea ingeniería, medicina, derecho, informática, etc. Dentro del estudio de la ingeniería cabe destacar la universidad de Aalborg [3] y la universidad de Maastricht como un punto de referencia en este tipo de enseñanza.

No solo este tipo de actividades es adecuado para el desarrollo de las competencias técnicas, las competencias transversales son necesarias para desarrollar este aprendizaje con éxito [4].

Otras estrategias basadas en “learning by doing” con la realización de trabajos, el “Flipped Classroom” o aula invertida o el Aprendizaje-Servicio (ApS)[5].

Actualmente Roger Schank es el mayor defensor del “learning by doing” afirmando que todas las asignaturas deberían ser eliminadas de los programas educativos [6]. Hace una propuesta que denomina StoryCentered Curriculum Approach [7] basado en el aprendizaje mediante la práctica con las siguientes características:

- Los estudiantes desempeñan roles en proyectos realistas de trabajo profesional, roles que podrían tener en el mundo real.
- Los estudiantes realizan tareas en busca de metas significativas y producen productos de trabajo como un profesional.
- Se les anima a colaborar eficazmente mientras trabajan.
- En la actividad existe un mentor experto (profesor) que los ayuda a aprender conocimientos y habilidades relevantes para obtener sus logros
- Los recursos de aprendizaje están bien estructurados, relacionados con tareas particulares, y se proporciona soporte adicional si es necesario.
- El mentor también proporciona comentarios y observaciones sobre el trabajo de los estudiantes. Los estudiantes revisan su trabajo mejorando su dominio del conocimiento y sus competencias.
- Periódicamente, el mentor facilita la reflexión, ayudando a los estudiantes para solidificar y ampliar su aprendizaje.

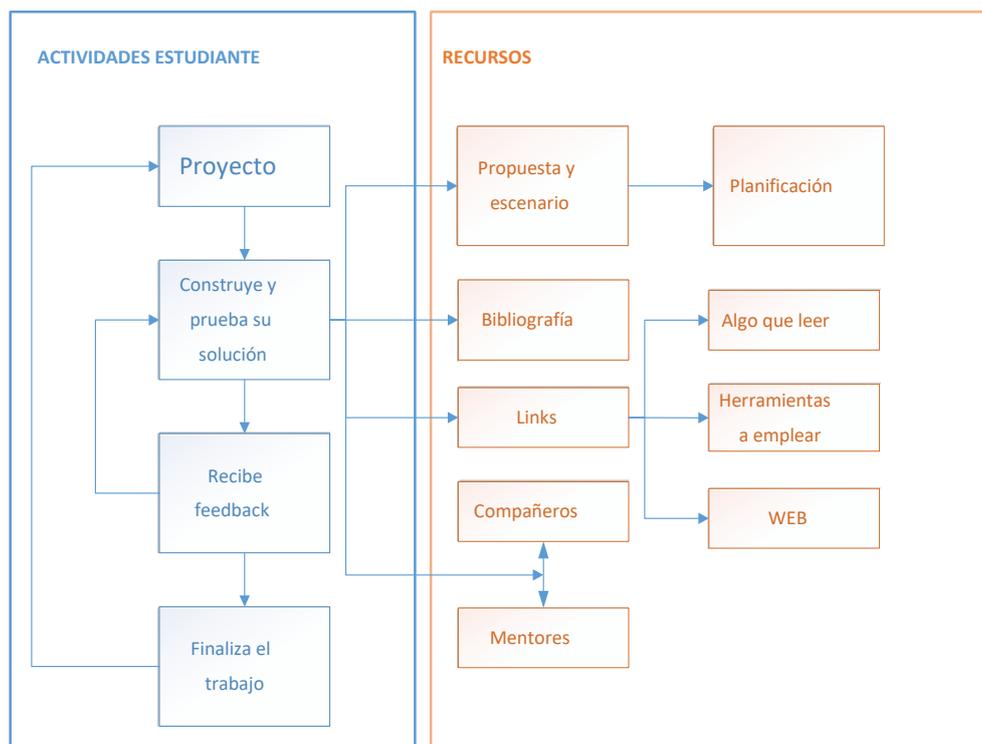


Figura 3. Story-Centered Curriculum Approach de Roger Schank adaptado por el autor.

3. Ventajas e inconvenientes

La implementación de este tipo de metodologías no resulta sencilla. Requiere de la elaboración de casos o problemas donde el estudiante pueda desarrollar los conocimientos y competencias.

De acuerdo a McNeill [8] es posible en los cursos iniciales hacer escenarios de problemas cercanos a la realidad, pero dirigidos y orientados para alcanzar los objetivos docentes. En los cursos superiores los problemas pueden ser réplicas de problemas reales. Finalmente, en la práctica posterior es donde los estudiantes consiguen alcanzar el aprendizaje independiente y reflexivo necesario en la profesión.

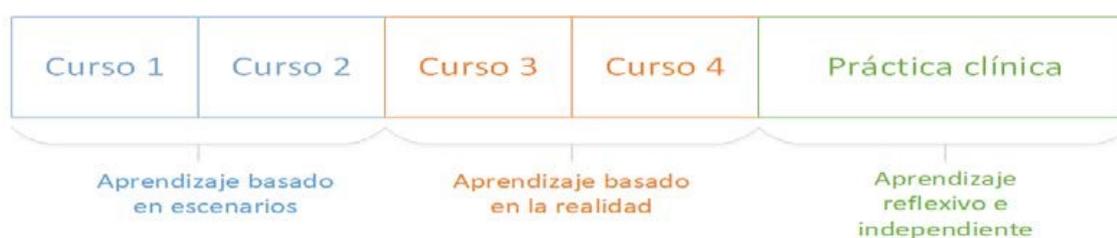


Figura 4. Desarrollo de escenarios para los problemas de acuerdo a McNeil. Adaptado por el autor.

A continuación, en la tabla 1 se presenta por medio de un análisis DAFO las principales características de “Learning by doing” en una escuela de ingeniería.

Tabla 1. DAFO de “learning by doing” en la ingeniería.

FORTALEZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor retención del aprendizaje, aumenta la efectividad y la satisfacción. • Mejora las competencias transversales • Tecnología accesible y barata • Uso de la cultura de la tecnología abierta • Disminución de la brecha tecnología.
DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de supervisión intensa por parte del profesor-mentor. • Necesidad de conocimiento más integrado por parte del docente. • Difícil de implementar en grupos grandes.
AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de inversión inicial en algunos casos • Agotamiento del docente; necesidad de ayudantes o mentores que colaboren • Dificultad de integración del programa académico • Avance tecnológico demasiado rápido
OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de competencias digitales • Aprendizaje autónomo • Asociación de contenidos de diferentes asignaturas • Educación más holística • Integración entre diferentes grupos docentes • Integración en el movimiento maker

4. Caso práctico

En diferentes asignaturas del Grupo de Ingeniería Gráfica se han desarrollados experiencias dentro de la estrategia “learning design by doing”

Los objetivos que se persiguen son:

- Obtener elementos físicos de los diseños para que aumenten la comprensión de aspectos como las escalas, tolerancias, ensamblajes... ya que se ha descansado mucho en la virtualidad del aprendizaje.
- Integración en un problema cercano a la realidad profesional.
- Integración de conocimientos de diseño para la fabricación
- Mejora de las competencias transversales
- Mejorar la motivación de los estudiantes

A los estudiantes se les proponen problemas de dificultad variable en función del curso en equipo y que deben fabricarlo. Las restricciones habitualmente funcionales y otras de fabricación y montaje como: tamaño de material a emplear, material a emplear, ensamble sin tornillos, adecuación a la maquinaria de fabricación disponible en el FabLab, etc. El proceso se muestra en la figura 5.

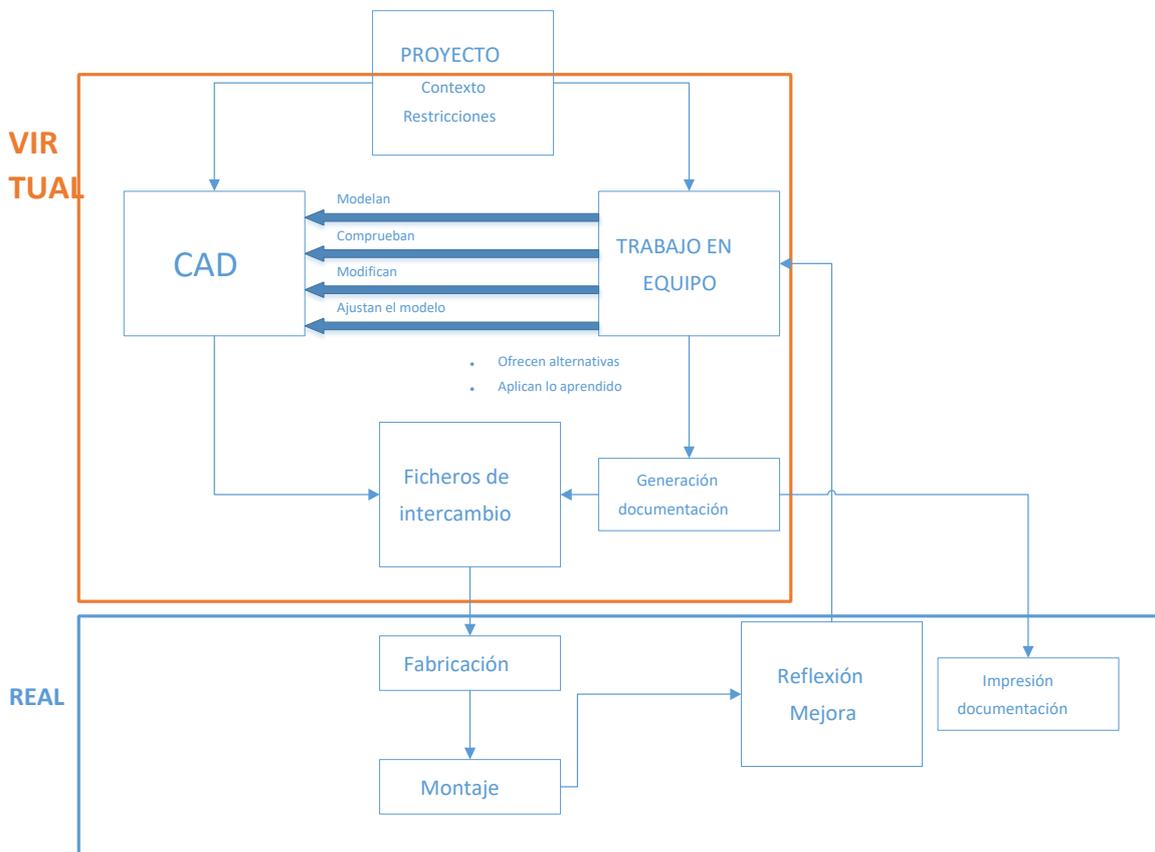


Figura 5. Aplicación a las asignaturas del Grupo de Ingeniería Gráfica.

Por lo tanto, se ha pasado de un trabajo de diseño cuyo resultado era un conjunto de ficheros a un trabajo que además produce un prototipo físico. Se ha pasado de la virtualidad de un trabajo a una materialización física que los estudiantes comprenden su funcionamiento, la accionan y proponen mejoras.

La satisfacción de los estudiantes ha mejorado y su aprendizaje ha mejorado. Se han realizado entrevistas personales y una encuesta preguntando en una escala de 5 puntos su satisfacción con el siguiente resultado:

Tabla 2. Datos descriptivos.

<i>Tipo de trabajo</i>	<i>Muestra</i>	<i>Media</i>	<i>Desv. estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
Con prototipo físico	28	4,07143	0,766356	18,8228%	1,0	5,0
Con prototipo virtual	18	2,88889	1,18266	40,9383%	1,0	5,0
Total	46	3,6087	1,1051	30,6234%	1,0	5,0

Se ha realizado un análisis ANOVA (tabla 3) obteniéndose diferencias significativas en el grupo que realizó el trabajo con prototipo físico.

Tabla 3. ANOVA para Satisfacción por el tipo de trabajo.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Df</i>	<i>Mean square</i>	<i>F</i>	<i>P value</i>
Entre grupos	15,3216	1	15,3216	17,01	0,0002
Intra grupos	39,6349	44	0,900794		
Total (Corr.)	54,9565	45			

Esta actividad se incluye en los grupos de asignaturas del Grupo de Ingeniería Gráfica con menos de 50 estudiantes desde el curso 2017.

5. Conclusiones

La estrategia de “Learning design by doing” permite un aprendizaje integrando diferentes disciplinas donde los estudiantes son la parte protagonista y activa de su aprendizaje. Los estudiantes han pasado de una resolución de los problemas dentro de una capa virtual a materializarlos aprendiendo y reforzando conceptos que de otra forma quedaban en ocasiones difícilmente interpretados. Adicionalmente se refuerza el desarrollo de competencias transversales.

La experiencia, aunque es positiva no está libre de obstáculos. Requiere un alto compromiso del profesorado, un amplio conocimiento de materias adicionales, es difícil de implementar en grupos numerosos y supone un coste económico importante.

Referencias

1. Dwyer, Francis. "Edgar Dale's Cone of experience: a quasi-experimental analysis." *International Journal of Instructional Media*, vol. 37, no. 4, 2010.
2. Miller, G. 1990, The assesment of clinical skills, competence, performance. *Academic medicine* 65 (9), 563-567.
3. F. Kjersdam and S. Enemark, *The Alborg Experiment: Project Innovation in University Education*, Aalborg University Press, 1994.
4. R. M. K. W. Lee and C. Y. Kwan, The use of problem-based learning in Medical Education, *Journal of Medical Education*, 1(2), 1997, pp. 149–157.
5. <https://aprendizajeservicio.net/que-es-el-aps/>
6. Entrevista a Roger Schank, 2017, *Revista Educación* 3.0, n. 28.
7. Roger Schank, Tamara Berman, Kimberli Macpherson, (1999) *Learning by doing*, Charles M. Reigelut Ed. *Instructional-design Theories and Models: A New Paradigm of instructional design*, Volumen 2. Capítulo 8. Lawrence Earlbaum Associates. ISBN: 978-0-8058-2859-7.
8. McNeil, H. P. et al. 2006, An innovative outcomes-based medical education program built on adult learning principles. *Medical Teacher*, 28:6, 527-534.

II.3. Presentación de producto. Realidad aumentada aplicada a la docencia

Ojados, Dolores*; Parras, Dolores; Fernández Cañavate, Francisco J.

Dpto. Estructuras, Construcción y Expresión Gráfica. Universidad Politécnica de Cartagena

* lola.ojados@upct.es

Resumen

La docencia en expresión gráfica ha experimentado grandes avances en las últimas décadas. Desde el lápiz, la escuadra, cartabón, y los estilógrafos, el software CAD, desarrollado primero para representaciones 2D y evolucionado más tarde para entornos 3D, programas de gestión de producto más avanzados, como CATIA o SOLIDWORKS, que incluyen módulos CAM / CAE, y permiten ejecutar un proyecto en su conjunto, hasta motores gráficos de Realidad Virtual y REALIDAD AUMENTADA. Siempre será importante que el alumno adquiera habilidades y destrezas para transmitir los ingenios que desarrolle.

Las nuevas herramientas de Realidad Aumentada (RA) facilitan el aprendizaje a alumnos que aún no son capaces de imaginar en el espacio los elementos diseñados o de transmitir la información a aquellos que podrían ser clientes o promotores de un determinado proyecto de ingeniería gráfica.

Durante la pasada década se empezó a emplear la realidad virtual, fruto del desarrollo de la industria del videojuego, gracias a programas como VIZARD o UNITY. Hoy en día se presentan proyectos de realidad inmersiva, realidad mixta y realidad aumentada para múltiples aplicaciones. El videojuego de Pokemon GO, es un ejemplo de realidad aumentada indirecta.

En este trabajo se presenta una unidad formativa que permite el aprendizaje de SOLIDWORKS apoyada en el módulo VUFORIA de UNITY para crear contenidos formativos de realidad aumentada. A la herramienta en RA que conforma la unidad didáctica presentada, se le ha denominado DemoRA (incluye tres ideas: Demostración de utilidad de la realidad aumentada, RA, evitando la demora o retraso que se produce si se tiene dificultad con la visión espacial).

El conjunto de planos CAD creados en SolidWorks y archivos de realidad aumentada para la Unidad didáctica, ha sido subido al aula virtual de la UPCT, para que los alumnos puedan acceder libremente a ellos.

Palabras clave: Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Vuforia, Docencia, 3D, Expresión Gráfica en la Ingeniería.

1. Introducción

La docencia en la expresión gráfica ha experimentado grandes avances en las últimas décadas. Conviene hacer un breve recordatorio y repasar de donde se viene. A finales de los ochenta era frecuente entrar en una clase de expresión gráfica y encontrar a los alumnos rodeados de un conjunto de herramientas que les eran comunes a todos. Lápiz, escuadra, cartabón, escalímetro, compás y estilógrafos eran posiblemente el material más caro y moderno, al margen de una calculadora, que un alumno de ingeniería tenía que comprar para afrontar sus estudios. En la década de los 90 irrumpen con fuerza en las aulas el software CAD y durante la misma conviven en el aula los elementos tradicionales mencionados con programas informáticos creados para realizar Diseño Asistido por Ordenador. En ese tiempo, seguía siendo importante que el alumno desarrollara habilidades y destrezas como dibujante que le permitieran representar en el papel los ingenios que en el futuro desarrollaría para configurar proyectos de ingeniería en cualquiera de sus disciplinas.

Otro hito importante fue la aparición en el mercado, avanzados los 90, de programas que permitían, no solo dibujar, sino considerar todo un proyecto y trabajar simultáneamente, desde distintos equipos, con el apoyo de un servidor. Programas como CATIA, SOLIDWORKS o AUTODESK ayudaban al ingeniero a visualizar, analizar e incluso presentar un proyecto antes de iniciar la construcción de un primer prototipo.

Es evidente que todas estas herramientas facilitan la visualización a aquellos que aún no han desarrollado la destreza de imaginar en el espacio los elementos diseñados o a aquellos a los que les es ajena la formación pero que podrían ser los clientes o promotores de un determinado proyecto.

En este importante avance quedan atrás las herramientas clásicas de dibujo utilizadas para el diseño, pero no la necesidad de capacitar y dotar al alumno de habilidades que le permitan desarrollarse en cuanto a su visión espacial. Es a mediados de la pasada década, ya dentro del nuevo milenio, cuando se empieza a desarrollar la tecnología hasta la aparición de lo que se denomina realidad virtual, fruto de nuevos motores gráficos creados para dar cobertura a industrias económicamente muy punteras como la de la cinematografía, en el campo de la animación o la industria del videojuego. Con tecnologías de RV se consigue representar con la ayuda de pantallas de efecto 3D, entornos que permiten visualizar los objetos virtuales creados en un escenario o entorno virtual. Esta nueva área de conocimiento que se genera y se pone al alcance de estudios técnicos gracias a programas informáticos como VIZARD o UNITY, que se han adaptado y evolucionado hasta el punto de poder reproducir con precisión el comportamiento y características físicas de objetos, mecanismos y avatares, se presenta hoy en día, dividida en tres grandes subgrupos, la Realidad Inmersiva, la Realidad Mixta y la Realidad Aumentada. Cualquiera de las tres modalidades tiene utilidades aplicables a la enseñanza de la Ingeniería Gráfica o a campos como la Arquitectura, la Arqueología, o la Prevención de Riesgos Laborales [1-4], pero este trabajo se centra en la utilidad que la Realidad Aumentada puede tener para un fin docente, donde se facilite el aprendizaje de alumnos de asignaturas relacionadas con la Ingeniería Gráfica.

Una posible definición de Realidad Aumentada sería: la visión directa o indirecta (dependerá de los gadgets que se decida utilizar) de los elementos virtuales desarrollados mediante

herramientas informáticas, dentro de un entorno físico real. En el mundo de los videojuegos, el fenómeno de Pokemon GO, es un ejemplo de Realidad Aumentada indirecta.

En este trabajo se presenta una unidad formativa que permite el aprendizaje en materia de Ingeniería Gráfica, mediante el uso de SOLIDWORKS, apoyada en el módulo VUFORIA de UNITY que permitió crear los contenidos formativos de realidad aumentada. En el primero de los softwares se diseñaron los elementos tridimensionales objeto del aprendizaje y el segundo ha permitido, a partir de las piezas 3D, evocarlos/invocarlos en un escenario real, permitiendo visualizarlos desde cualquier perspectiva e incluso observar sus relaciones y sus comportamientos/movimientos una vez se encuentran formando parte de un conjunto.

En esta herramienta formativa, denominada DemoRA se juega con tres ideas:

- Demostrar la utilidad de la RA para facilitar el aprendizaje.
- Visualizar piezas 3D en Realidad Aumentada, a partir de vistas diédricas 2D.
- Evitar la demora o el retraso que se produce si se tiene dificultad con la visión espacial.

DemoRA constituye una unidad didáctica que ha sido aplicada a los alumnos de la asignatura de Diseño Asistido por Ordenador de 4º curso del Grado de Ingeniería Eléctrica de la UPCT, en el curso académico 2018-19. Para desarrollar esta unidad, se ha elegido un conjunto motor de avioneta compuesto de los siguientes elementos: aspa, biela, biela auxiliar, camisa, cigüeñal, cuerpo, hélice y pistón.

El conjunto de planos de fabricación 2D y los archivos de Realidad Aumentada creados para la unidad didáctica desarrollada (DemoRA) ha sido subido al Aula Virtual, con el fin de que los alumnos puedan acceder libremente a ellos.

2. Objetivos

Como objetivos comunes de los trabajos desarrollados dentro de la temática: “Experiencia en innovación docente”, en la que se engloba este estudio, se han establecido los siguientes:

- Conocer experiencias innovadoras de enseñanza-aprendizaje aplicables al “Dibujo Técnico y al Diseño Industrial”, mediante casos prácticos.
- Conocer qué y cómo enseñan “Dibujo Técnico en los Centros Tecnológicos de reputación internacional.
- Extraer conclusiones de la encuesta sobre contenidos, habilidades y capacitación.

El principal objetivo de este trabajo en particular, fue facilitar al alumno la visualización y comprensión de un plano de un conjunto mecánico.

Los objetivos secundarios fueron:

- Desarrollar los planos necesarios para el despiece de un conjunto mecánico.
- Verificar que el alumno representa adecuadamente cada una de las piezas y las convierte en objetos tridimensionales diseñados en CAD.

- Desarrollar una herramienta de Realidad Aumentada que vincula una pieza 3D con cada uno de los planos necesarios para la construcción de un conjunto mecánico.
- Visualizar y comprender la geometría de cada una de las piezas, configurar su ensamblaje y conocer el funcionamiento del conjunto.

3. Material y métodos

3.1 Solidworks

Este software de diseño CAD 3D se ha utilizado para modelar las piezas 3D de forma individual y el ensamblaje de las mismas y para producir los planos en 2D. El software se ha empleado para consecutivamente crear, diseñar, simular, publicar y gestionar los datos necesarios para el desarrollo de la unidad didáctica [5].

3.2 Vuforia para Unity

Vuforia es una plataforma de desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada (AR) y Realidad Mixta (MR) multiplataforma, esta herramienta es robusta y permite ser utilizada con diverso hardware incluyendo dispositivos móviles y monitores de Realidad Mixta como Microsoft HoloLens [6].

La integración de Unity en Vuforia permite crear aplicaciones compatibles con Android e iOS utilizando un flujo de trabajo de creación de contenidos digitales 3D virtuales visibles en el entorno real con la simple acción de arrastrar y soltar sin necesidad de introducir códigos.

3.3 Preparación y exportación del modelo desde Solidworks y creación de la app

Partiendo del ensamblaje en Solidworks no se puede exportar la animación en 3D que reproduce el movimiento del motor en su estado de funcionamiento, solo es exportable como vídeo, así que se tuvo que animar con la ayuda del software Blender de modelado y animación 3D. El proceso de animación requiere de un estudio profundo y detallado del sistema mecánico que permita interpretar y reproducir los movimientos relativos en el sistema. Se tuvieron que definir las relaciones de posición y de movimiento entre el conjunto cigüeñal-biela principal-pistón y posteriormente se tuvo que definir el conjunto de las bielas auxiliares.

Para poder introducir los movimientos desde Blender es necesario dotar al modelo de una serie de articulaciones a las que asignar los grados de libertad de movimiento existentes en cada uno de los elementos y los subconjuntos definidos en la secuencia de animación. A este proceso de introducción de articulaciones se le denomina rigging (creación de esqueleto). Una vez realizado el rigging en todos los elementos en los que fue necesario, se llevó a cabo la animación en sí. Con la relación de movimiento bien definida, al añadir una rotación al esqueleto del cigüeñal, el resto de elementos se mueven en sus respectivas trayectorias. Para la animación se seleccionó el esqueleto del cigüeñal y en modo “pose” se fue rotando 20 grados cada 20 frames hasta los 360º que completan una revolución, de esta manera se consiguió un movimiento rotatorio uniforme.

El siguiente paso fue exportar el modelo con su animación para introducirlo en Unity. La activación de Vuforia en un proyecto Unity obliga a seleccionar la categoría del reproductor y el dispositivo móvil que se utilice, para ello, se debe habilitar la compatibilidad con RA de Vuforia. Se seleccionó la *ARCamera* en la ventana de Jerarquía y se seleccionó en el Inspector la opción “Abrir Vuforia”. Se activó la base de datos *Image Target* para su uso con Unity y se agregaron las *imágenes objetivo* a la escena.

El último paso fue hacer que apareciera un *GameObject 3D*, resultado del trabajo llevado a cabo con Blender, cuando Vuforia reconociera la *imagen objetivo*. Para ello se agregó el modelo animado FBX como un hijo a cada *imagen objetivo* seleccionando el *GameObject* correspondiente (éste tiene que contener *MeshRenderer* y *MeshFilter*). Una vez terminado el proceso de conexión de las *imágenes objetivo* con los *GameObjet 3D* generados con Blender, se conectó el dispositivo móvil vía USB al PC y se creó la APK (Paquete de aplicación para Android).

3.4 Planos como imagen objetivo

Para llevar a cabo este trabajo se ha partido de un conjunto de nueve planos (Figuras 1 a 5). En la Figura 1 se presenta una visión del conjunto y en las cuatro siguientes se presentan grupos de dos planos de los distintos componentes. En este trabajo se han utilizado los planos de diseño de los elementos del motor como imagen objetivo, de modo que, estando activado el software VUFORIA serán los propios planos los que servirán para evocar la imagen 3D o la reproducción de movimiento en Realidad Aumentada.

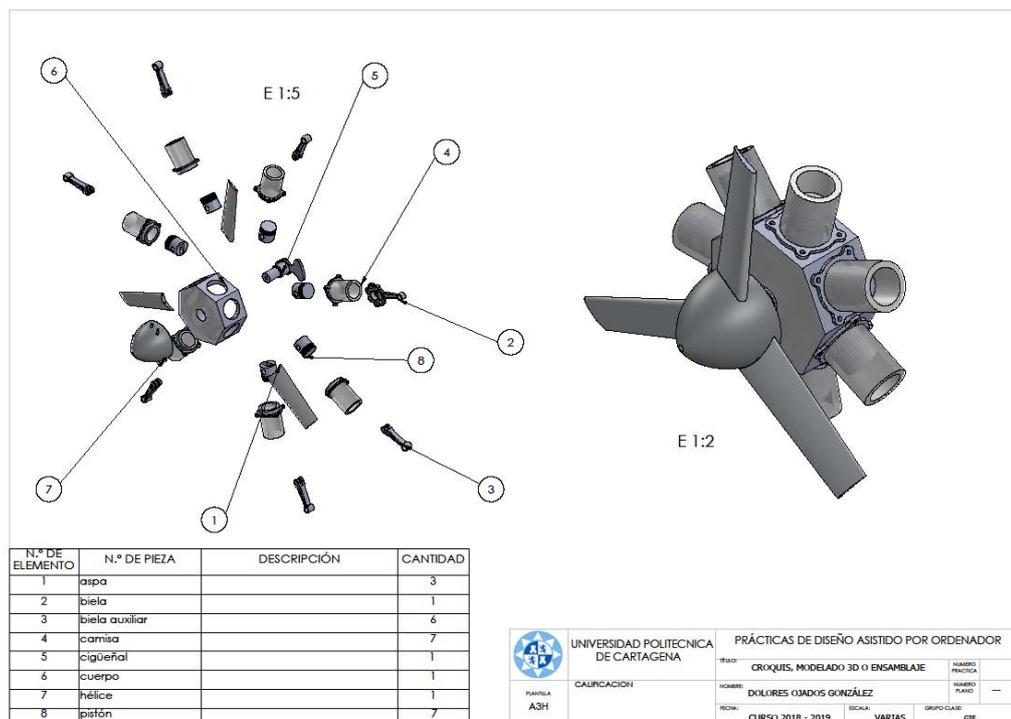


Figura 1. Visión de conjunto de componentes del motor de una avioneta.



Figura 2. Planos de los componentes: Aspa y Biela.



Figura 3. Planos de los componentes: Biela auxiliar y Camisa.



Figura 4. Planos de los componentes: Cigüeñal y Cuerpo.

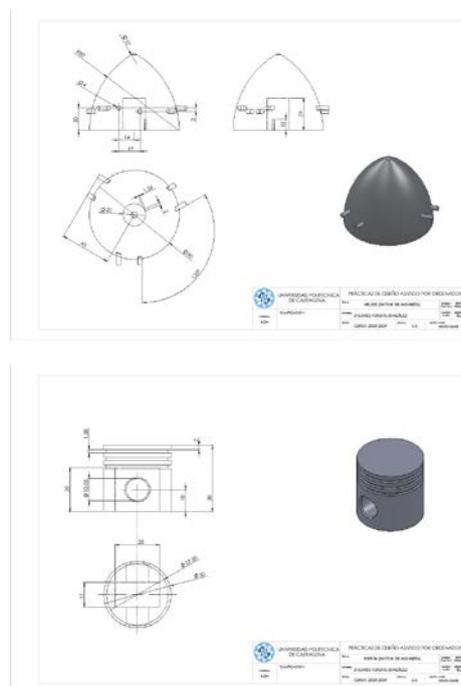


Figura 5. Planos de los componentes: Hélice y Pistón.

4. Resultados

El material generado para la Unidad Didáctica consiste en un conjunto de 9 planos, realizados con Solidworks que sirven como imagen objetivo. Cada uno de los planos lleva asociado un modelo animado FBX que fue creado con Blender mediante la previa importación de los objetos 3D creados con Solidworks. Para el uso de los planos y sus correspondientes objetos animados se ha creado el Kit DemoRA cuya apariencia se muestra en la Figura 6. Todo el material de esta

unidad se encuentra en el espacio que la asignatura dispone en el Aula Virtual de la UPCT. Los alumnos matriculados pueden acceder a la asignatura a través del entorno Moodle y descargar DemoRA en sus dispositivos móviles que utilicen Android como sistema operativo. Para que se active el objeto 3D no es necesario que los planos estén impresos, basta con abrirlos en la pantalla del ordenador.

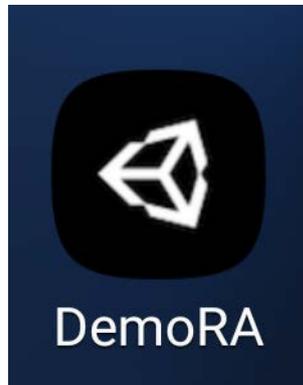


Figura 6. APK DemoRA para sistema operativo Android.

La utilidad del material creado se discute en este apartado. Cuando se sitúa el dispositivo móvil con la APP activada sobre cualquiera de los 8 planos de cada una de las piezas que se han elegido como imagen objetivo, aparece el elemento 3D asociado que corresponde a la pieza modelada en 3D desde SolidWorks con una animación de giro incorporada desde Blender que facilita su visión desde diferentes ángulos y perspectivas (Figura 7), esto sucede con bastante independencia de la posición relativa del plano respecto a la cámara del móvil.



Figura 7. Ejemplo de utilización de DemoRA.

El desarrollo de la animación realizada con Blender permitió, no solo mostrar el objeto en 3D, también es posible comprobar su utilidad funcional y el mecanismo que lo relaciona con el resto de componentes (Figuras 8 y 9).

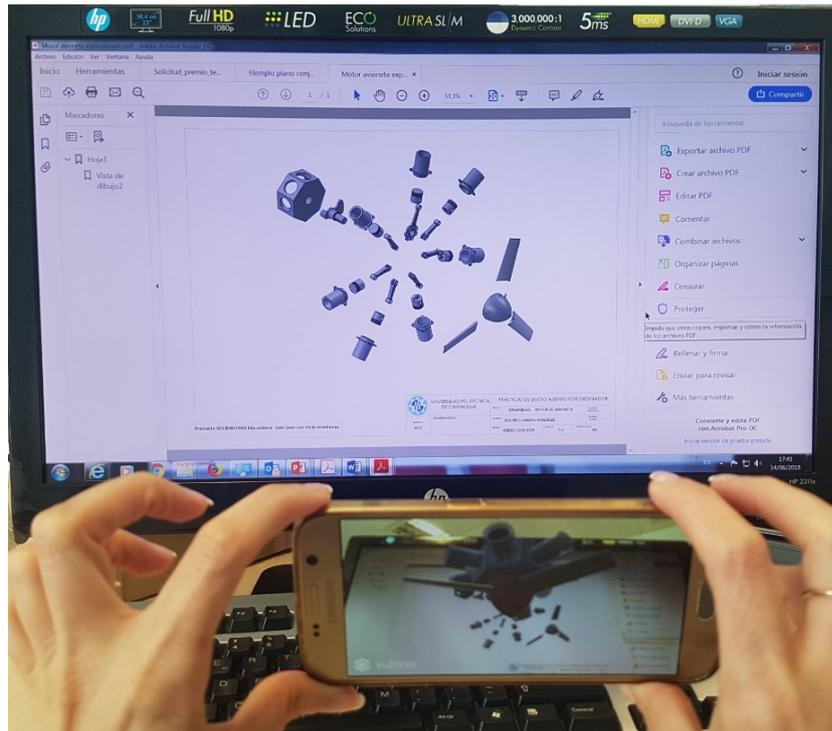


Figura 8. Ensamblaje tridimensional y utilidad funcional.



Figura 9. Detalle de la visualización del ensamblaje en el dispositivo móvil.

5. Conclusiones

Se dispone de una nueva herramienta que facilita al alumno la visualización y comprensión de un conjunto mecánico que forma parte de un motor de una avioneta.

Concretamente se han realizado los planos de cada una de las piezas y del conjunto para que sirvieran como imagen objetivo.

Cuando el alumno sigue las pautas dadas por el profesor, representa adecuadamente cada una de las piezas y las convierte en objetos tridimensionales, puede pasar a utilizar la herramienta de Realidad Aumentada DemoRA que vincula cada uno de los planos necesarios con su pieza virtual tridimensional.

Plano a plano se consigue visualizar y comprender cada una de las piezas.

La utilización de la app sobre el plano de conjunto permite conocer el modo correcto del ensamblaje de todas las piezas y la base de su funcionamiento.

Con el uso de esta herramienta, se pone de manifiesto que a pesar de que los gráficos estáticos sirven para representar el producto con una precisión que no da lugar a equivocación, para la presentación de la propuesta de diseño ante los potenciales clientes responsables de tomar la decisión de llevar el producto a fábrica, la realidad aumentada se muestra como una alternativa que ahorra tiempo y recursos humanos y materiales.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al Servicio de Diseño Industrial y Cálculo Científico (SEDIC) del Servicio de Apoyo a la Investigación Tecnológica (SAIT) de la Universidad Politécnica de Cartagena.

Referencias

1. Ojados Gonzalez D., Martin-Gorriz B., Ibarra Berrocal I., Macian Morales A., Adolfo Salcedo G., Miguel Hernández B. Development and assessment of a tractor driving simulator with immersive virtual reality for training to avoid occupational hazards. *Computers and Electronics in Agriculture* 143:111-118. December 2017.
2. Ibarra Berrocal I., Ojados González D., Martin-Gorriz, B., Macian A., Salcedo G., Miguel, Beatriz. Realidad virtual inmersiva para la prevención de riesgos laborales. *ASTURIAS PREVENCIÓN Revista del Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales Vol 31* (January 2018).
3. Macian Morales A., Adolfo Salcedo G., Ojados Gonzalez D., Miguel Hernández B., Martin-Gorriz B., Ibarra Berrocal I. Gamificación de la Prevención de Riesgos Laborales. *Proceedings of the 18th International Conference on Occupational Risk Prevention*, <http://www.orpconference.org>.
4. Ojados Gonzalez D., Correa Aldaz A., Macian Morales A., Adolfo Salcedo G., Ibarra Berrocal I., Martin-Gorriz B., Miguel Hernández B. Realidad virtual aplicada a seguridad vial de ciclomotores de reparto profesional. *Proceedings of the 19th International Conference on Occupational Risk Prevention*, <http://www.orpconference.org>.
5. Solidworks Homepage, <https://www.solidworks.com/es>.
6. Unity Homepage, <https://docs.unity3d.com/es/2018.1/Manual/vuforia-sdk-overview.html>.

II.4. Enseñanza virtual. Plataforma Poliformat

Lengua, Ismael*; Peris-Fajarnés, Guillermo; Dunai, Larisa; Moncho Santonja, María

Centro de Investigación en Tecnologías Gráficas. Universitat Politècnica de València

* ilengua@dig.upv.es

Resumen

Las nuevas herramientas que se están implantando en la formación universitaria, basadas en plataformas online que permiten el acceso a la información docente, facilitan un acceso inmediato al alumnado de toda información necesaria para el aprendizaje de todos los contenidos que está cursando. La plataforma Poliformat que se ha implantado en la Universitat Politècnica de València, dispone de los elementos necesarios para que el alumnado tenga toda esa información disponible, en diferentes formatos, así como herramientas que facilitan la comunicación directa entre el alumnado y el profesorado. Basándonos en esta plataforma se ha desarrollado un proyecto en la asignatura en el Grado en Ingeniería en Geomática y Topografía y concretamente en la asignatura obligatoria de primero de Técnicas de Representación Gráfica. En esta asignatura se ha generado material docente audiovisual y contenido para la realización de las prácticas de la asignatura y se ha introducido en la plataforma de forma que los alumnos lo tienen a su disponibilidad permanentemente durante todo el curso. Utilizando Poliformat como plataforma universal dentro de la Universidad Politécnica de Valencia.

Palabras clave: Enseñanza Virtual, Docencia Inversa, Poliformat, Polimedia, Ingeniería Gráfica.

1. Introducción

La herramienta Poliformat ya está implantada en la Universitat Politècnica de València (UPV) hace más de 10 años, el alumnado de nuevo ingreso recibe una pequeña formación al inicio del curso para familiarizarse con esta herramienta. Poliformat dispone de guías de ayuda tanto en modo texto, como en modo audiovisual, concretamente en la Universitat Politècnica de València, también dispone de un repositorio de material audiovisual denominado Polimedia, en el cual están depositados estos videos de autoaprendizaje.

Como ejemplo de proyecto desarrollado dentro de esta plataforma, se describe una innovación educativa llevada a cabo como dentro de un proyecto de Docencia Inversa en la asignatura de Técnicas de Representación Gráfica, del departamento de Ingeniería Gráfica en la titulación de Grado en Ingeniería en Geomática y Topografía.

El proyecto desarrollado en docencia inversa, es un proyecto impulsado por la Universitat Politècnica de València, para un aprendizaje mas autónomo para el alumnado y también para que el alumno se sienta mas implicado en la propia docencia y conseguir con este objetivo más motivación por su parte. También tiene como finalidad que el alumnado tenga a su disposición durante todo el curso y las 24 horas del día toda la información necesaria para la adquisición de todo el conocimiento, que se está desarrollando en la asignatura de una forma muy accesible, gracias al acceso multiplataforma del que ya está acostumbrado a utilizar, ordenador, tableta, móvil, etc.

2. Objetivos

Mediante el uso de la herramienta Poliformat y sus herramientas anexas, se plantearon los objetivos para el desarrollo de la docencia inversa fueron los siguientes:

1. Que el alumnado aumentara la implicación e interés en el aprendizaje de la asignatura de Técnicas de Representación Gráfica, para tener una mayor implicación del alumnado.



Figura 1. Aprendizaje de la asignatura de Técnicas de Representación Gráfica mediante Poliformat.

2. Introducir al alumnado las herramientas TIC disponibles como Poliformat, PoliMedia, Pizarra Digital, etc. en la que el alumnado ya es nativo digital y así implicar al propio alumnado para que conozca y utilice las herramientas de que dispone la Universitat Politècnica de València con el objetivo que genere contenido propio docente para el desarrollo de su propio autoaprendizaje y el de sus compañeros.



Figura 2. Material docente disponible en la UPV para el alumnado.

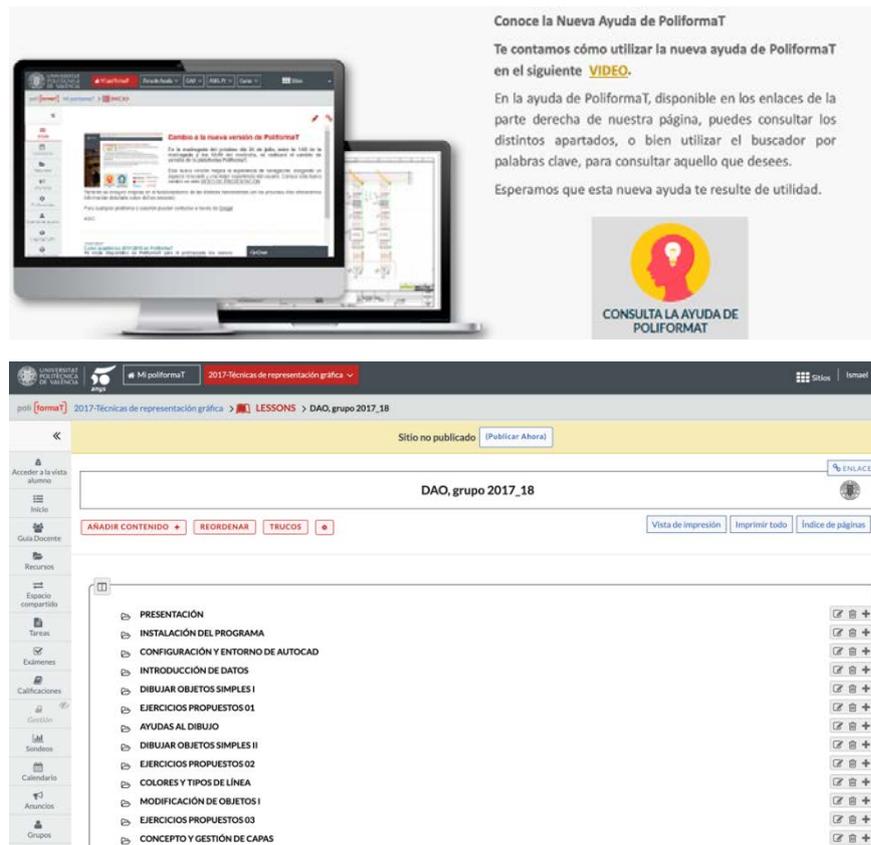


Figura 3. Plataforma Poliformat de la UPV.

3. Otro objetivo fundamental es la integración de las competencias transversales en la asignatura de Técnicas de Representación Gráfica ya que, en la titulación de Grado en Ingeniería en Geomática y Topografía, deben valorarse, la “Innovación, creatividad y emprendimiento”, por un lado y TAMBIÉN el “Aprendizaje permanente”.

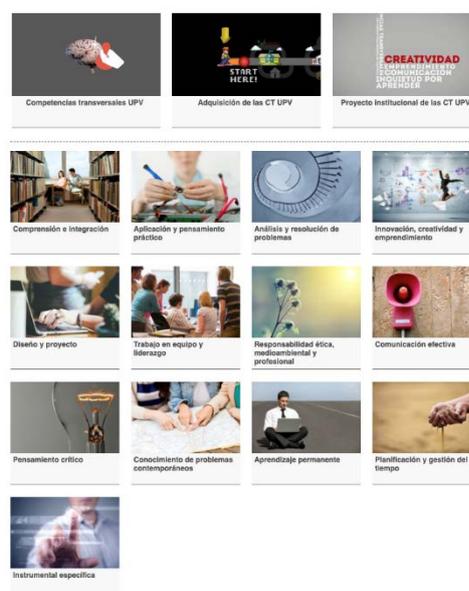


Figura 4. Competencias transversales que debe adquirir el alumnado al finalizar su titulación en la UPV.

3. Material y métodos

Para conseguir el objetivo se desarrollaron una serie de acciones que consiguieron llegar al objetivo planteado, utilizando las herramientas de la UPV y su integración en Poliformat y que se describen a continuación:

1. Creación de Videos de las clases magistrales. La creación de estos videos supuso desde el punto de vista docente una buena aceptación de los materiales, y permitió en las clases reducir el tiempo de explicaciones y aumentar el tiempo para la realización de ejercicios.



Figura 5. Ejemplo de uno de los video utilizados en la asignatura que está en la plataforma Polimedia.

2. Realización de pruebas de nivel mediante el uso de herramientas interactivas on-line, en concreto se usó el programa “Kahoot” que implicaba la participación de los alumnos en competir por responder a una serie de preguntas mediante el uso del teléfono móvil. El impacto supuso que el alumno fuera consciente de que su uso sirve como control de asistencia y como “prueba de conocimiento”.



Figura 6. Herramienta “Kahoot” para realización de pruebas.

3. Creación de Videos sobre la resolución de problemas. En el sistema de planos acotados es necesario la resolución secuenciada de un problema mediante cálculos gráficos que se solapan unos con otros. Numerosos alumnos de primero de carrera no han cursado nunca una asignatura de dibujo de ningún tipo lo que supone la carencia de conocimientos hábitos y mecánica. En el caso de alumnos con conocimientos de dibujo, en ningún caso han visto previamente el sistema de representación de planos acotados. En el caso del CAD se observa por el contrario un conocimiento y habilidades cada vez mayores. La preparación de videos con ejercicios secuenciados paso a paso facilita la comprensión de la asignatura.

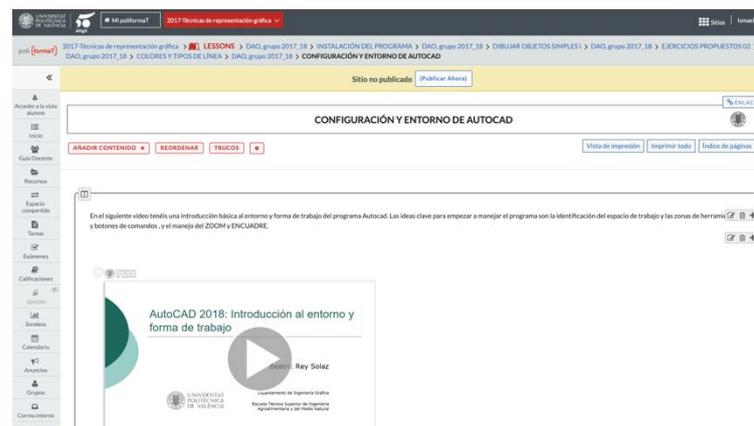


Figura 7. Visión de video Polimedia, dentro de la plataforma Poliformat.

4. Competición de Ideas. Durante el curso se continuó con una competición de Ideas basada en la elaboración de un póster de una idea que consideren de valor “innovadora” desde el punto de vista subjetivo del autor. Esta idea debe estar refrendada en un documento, pero debe comunicarse con claridad mediante una representación “gráfica y visual”. Los alumnos reciben su valoración en función del numero de votos obtenidos. En la votación participan todos los alumnos de la Escuela, independientemente del curso que realicen.



Figura 8. Trabajo en grupo de los alumnos en clase en competición de Ideas.

4. Resultados

El material generado para las clases ha sido de fundamental para el normal desarrollo de las clases de docencia inversa lo que permite un uso “amigable” al alumnado para la adquisición

de contenido teóricos de una forma autónoma, con la facilidad de la utilización de multidispositivo al que ya está habituado.

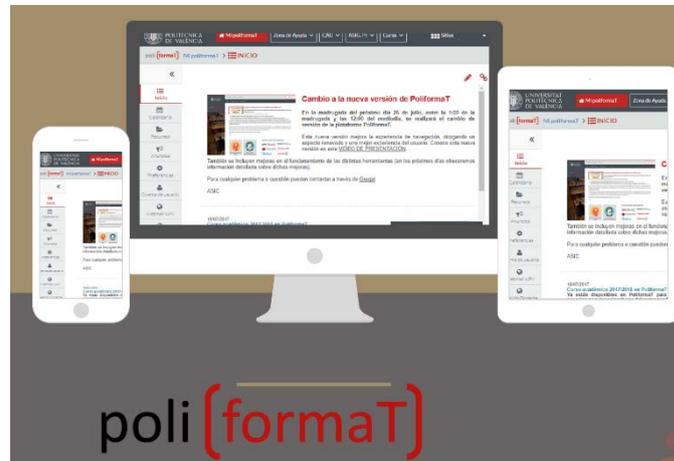


Figura 9. Plataforma Poliformat en visualización multidispositivo.

A continuación, se muestran algunos ejemplos del material realizado mediante Polimedia y que está disponible a través de la plataforma Poliformat, los video realizados en la UPV mediante la herramienta Polimedia son de acceso abierto a todo el mundo sean o no alumnos o miembros de la UPV y pueden ser visualizados por cualquier usuario de acceda al repositorio Polimedia de la Universitat Politècnica de València.

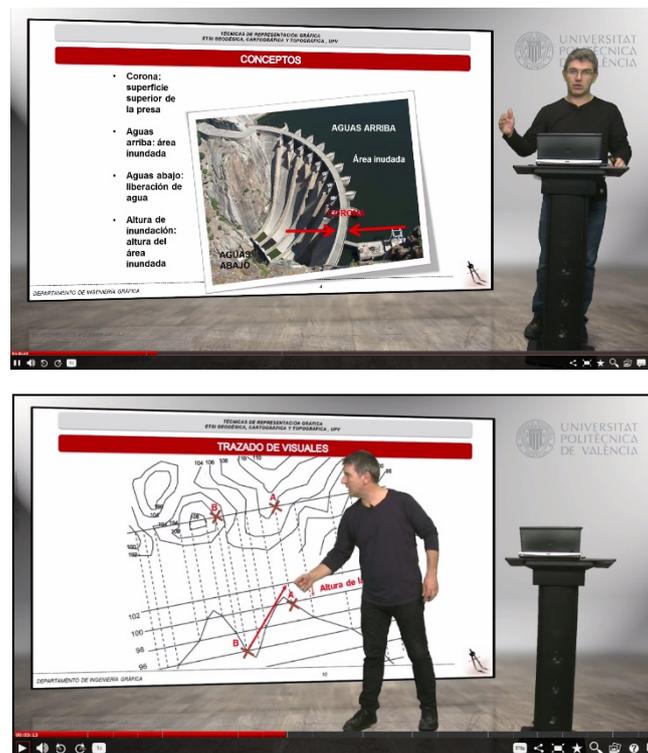


Figura 10. Ejemplo de un video del proyecto, disponible en la plataforma Polimedia.

5. Conclusiones

La herramienta Poliformat supone para el alumnado, un acceso permanente a toda la información necesaria para el aprendizaje de la asignatura durante todo el curso, en modo multidispositivo.

Esta plataforma es una herramienta fundamental para el desarrollo de docencia basada en docencia inversa (Flip Teaching), en la cual el alumnado debe de disponer de todo el material necesario, en este caso en concreto, del material audiovisual en Polimedias, para el aprendizaje previo del contenido teórico previo a la realización de los ejercicios prácticos.

También hay que destacar, la facilidad de que dispone el profesorado, para la generación de material audiovisual, para en la creación de todos los materiales necesarios para integrarlos en la Plataforma Poliformat.

En el caso concreto del proyecto desarrollado a modo de ejemplo en la asignatura de Técnicas de Representación Gráfica, cabe destacar el buen resultado que ha tenido la experiencia entre el alumnado, en la que se han obtenido unos resultados de la encuesta de evaluación docente por encima de 8 puntos sobre 10.

Agradecimientos

Al proyecto PIME Integración de la docencia inversa (flip teaching) y competencias transversales en la asignatura de Técnicas de Representación Gráfica, apoyado por la Universitat Politècnica de València.

Referencias

1. OJADOS GONZALEZ D., MARTIN-GORRIZ B., IBARRA BERROCAL I., MACIAN MORALES A., ADOLFO SALCEDO G., MIGUEL HERNÁNDEZ B. Development and assessment of a tractor driving simulator with immersive virtual reality for training to avoid occupational hazards. *Computers and Electronics in Agriculture* 143:111-118. December 2017.
2. BERGMANN, J.; SAMS, A. (2012). Flip your classroom: Reach every student in every class every day. Eugene, Or.; Alexandria, Va.: International Society for Technology in Education; ASCD.
3. BISHOP, J.L.; VERLEGER, M.A. (2013). The flipped classroom: a survey of the research. 120th ASEE annual conference and exposition. Paper ID6219.
4. DEFEZ GARCÍA, BEATRIZ; PERIS FAJARNÉS, GUILLERMO (2010). Ejercicios de planos acotados en Ingeniería. Valencia: Editorial UPV.
5. PERIS FAJARNÉS, GUILLERMO; LENGUA, ISMAEL; DUNAI, LARISA, et al. Integración de la docencia inversa (flip teaching) (2017) y competencias transversales en la asignatura de Técnicas de Representación Gráfica – Proyecto PIME. Universitat Politècnica de València.
6. PERIS FAJARNÉS, GUILLERMO; MONCHO SANTONJA, MARIA; LENGUA, ISMAEL; PAJARES MORENO, BERNARDO (2019). Ejercicios de planos acotados. Valencia: Editorial UPV.

7. PLATAFORMA KAHOOT. <https://kahoot.com> (Consulta 1/6/2019). Kahoot!
8. PLATAFORMA POLIFORMAT. <https://poliformat.upv.es> (Consulta 1/6/2019). Universitat Politècnica de València.
9. PLATAFORMA POLIMEDIA. <https://polimedia.upv.es> (Consulta 1/6/2019). Universitat Politècnica de València.
10. SCHULTZ, D., DUFFIELD, S.; RASMUSSEN, S.C.; WAGEMAN, J. (2014) Effects of the Flipped Classroom Model on Student Performance for Advanced Placement High School Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 2014, pp. 1334–1339.

CAPÍTULO III

LA EXPRESIÓN GRÁFICA EN INGENIERÍA EN EL S.XXI

Manuel Paredes, Universidad de Toulouse/INSIA (Francia)

La Enseñanza de Gráficos en la Ingeniería en Francia

Luigi de Napoli, Universidad de Calabria (Italia)

La Enseñanza de Gráficos en la Ingeniería en Italia

César Otero González, Universidad de Cantabria

La Enseñanza de Gráficos en la Ingeniería en los Centros Tecnológicos de reputación internacional

Jesús Félez, Universidad Politécnica de Madrid

La Innovación Docente en la Carrera Profesional del Profesorado

III.1. La enseñanza de Gráficos en la Ingeniería en Francia

Manuel Paredes, ICA

Université de Toulouse, UPS, INSA, ISAE-SUPAERO, MINES-ALBI, CNRS

manuel.paredes@insa-toulouse.fr

1. Introducción

La enseñanza de la expresión gráfica en la ingeniería siempre ha estado directamente relacionada con las tecnologías disponibles. En la década de 1970, la revolución de las computadoras provocó profundos cambios que aún hoy están en marcha [1]. Los dibujos técnicos, previamente hechos a mano en capas o en papel con tableros de dibujo, se hicieron gradualmente en computadoras y se imprimieron en papel. El software, inicialmente en 2D, está progresivamente en 3D. Hoy en día, las impresiones en papel están desapareciendo gradualmente en favor de maquetas digitales explotadas desde tabletas, teléfonos inteligentes o otros dispositivos de visualización (VR, AR...). Además, los modelos digitales se enriquecen para llevar mucha más información que la simple representación 3D. Se convierten en un soporte esencial para los ingenieros a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos: mecanismos, juegos funcionales, materiales, CAM, BIM. Sin embargo, las representaciones en papel se explotan todavía, por ejemplo, para máquinas antiguas (diseñadas antes de la revolución de la computadora). También se utilizan en la fase de diseño, durante la cual se puede usar la creatividad. Expresar con un papel y lápiz en forma de boceto. Por lo tanto, puede parecer una forma de ambivalencia entre el dibujo a mano frente al dibujo asistido por computadora, el papel frente a la pantalla o el pasado frente al futuro.

Estos importantes cambios en las herramientas y los usos conducen naturalmente a cambios en la enseñanza en todos los niveles. Mostramos en el capítulo 1 las evoluciones desde la década del 2000 de la enseñanza en la escuela secundaria (pre-bachillerato). Partiendo del estado actual del arte de la expresión gráfica para el ingeniero en las escuelas secundarias. En el capítulo 2 presentamos un inventario de la enseñanza asociada en la educación superior en tres tipos de plan de estudios:

- en institutos universitarios de tecnología (civil y mecánica)
- en secciones específicas (dos años) antes de las escuelas de ingeniería
- en cursos de ingeniería en 5 años que empiezan directamente después del bachillerato.

Finalmente, el último capítulo se dedica a una reflexión personal sobre este estado del arte y sobre las posibles evoluciones que se avecinan.

2. Antes el bachillerato

En el sistema francés, los estudiantes de secundaria pueden tener varias opciones para obtener su bachillerato. Ilustraremos la evolución de la enseñanza de la expresión gráfica en ingeniería a partir de las asignaturas del bachillerato en ciencias y tecnología industrial que mejor se adapten a nuestro campo de estudio.

Los estudiantes de secundaria se capacitan en análisis de sistemas utilizando maquetas digitales 3D con el software Soliworks. Es a partir de este modelo 3D que se extraen planos de detalles de partes o subconjuntos en 2D.

En 2003, como materia del bachillerato [2] se propuso estudiar un sistema automático de cierre de una puerta de garaje (Fig. 1).

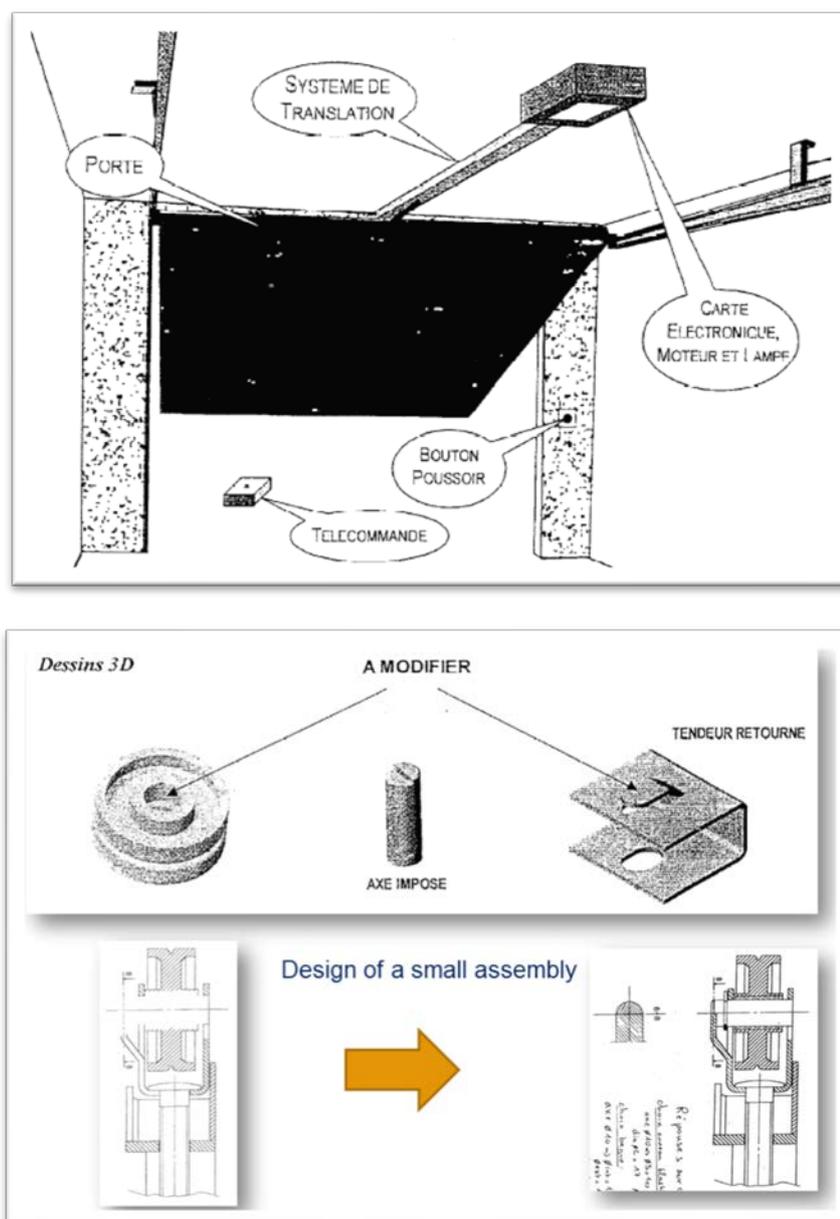


Figura 1. Tema propuesto en 2003.

Entre las preguntas formuladas, se pidió completar a lápiz una concepción de un pequeño subconjunto del mecanismo.

En 2009, el tema fue el estudio de un robot sumo móvil [3] y esta vez se pidió que simplemente dibujaran una placa metálica de este mecanismo para soportar dos micro-swiches (Fig. 2).

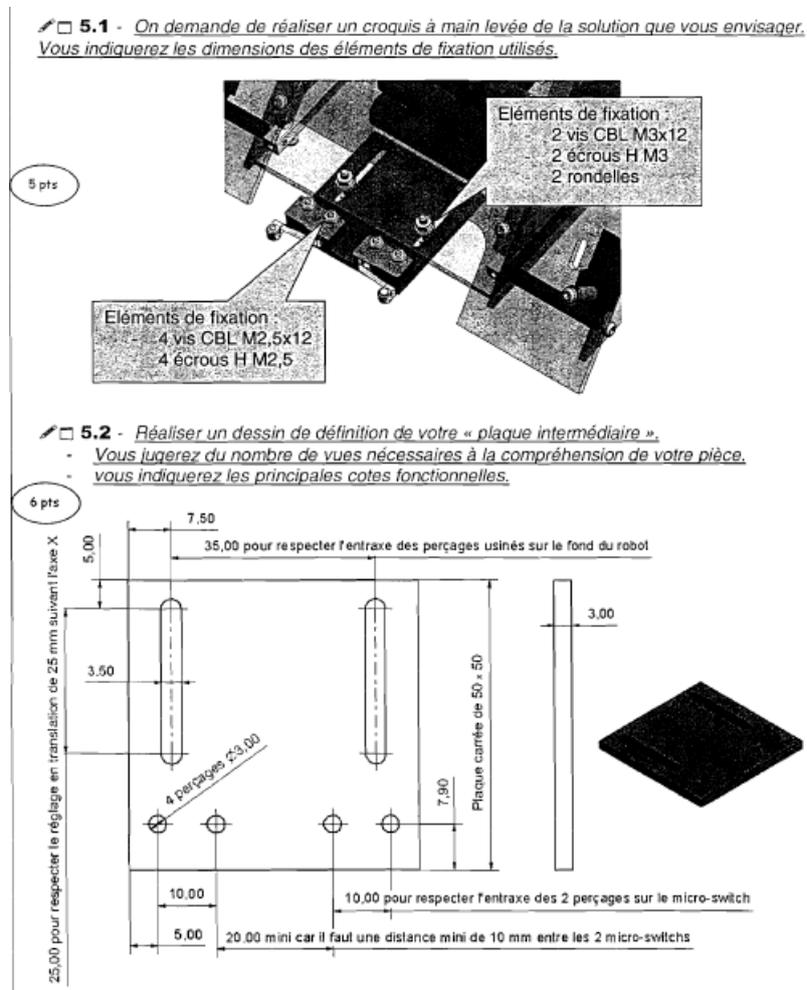


Figura 2. Tema propuesto en 2009.

Recientemente, en 2018, el tema aún se centraba en el análisis de un sistema mecánico, aquí optimizando el consumo de energía de un metro [4] y esta vez, ya no se requiere ningún diseño mecánico.

De esta manera, podemos observar durante la última década, una parada progresiva de la formación en la expresión gráfica en 2D a lápiz para el beneficio exclusivo de la expresión 3D al explotar principalmente maquetas digitales preestablecidas por los maestros.

3. Después del bachillerato

Como consecuencia de la disminución gradual del uso de la expresión gráfica de la escuela de secundaria, la educación superior tiene en cuenta que no existen requisitos previos.

La educación superior francesa tiene una estructura bastante compleja. Simplemente detallaremos los programas de formación relacionados con la ingeniería.

3.1 Institutos universitarios de tecnología

Estamos interesados en primer lugar en el plan de estudios de los institutos universitarios de tecnología (2 años después del BACHILLERATO).

En Ingeniería Civil, el plan de estudios del primer semestre [5] incluye la lectura de planos, el dibujo y la cita de un boceto a mano, el dibujo en una escala de un plano, una sección. Un perfil que respeta los estándares de representación y finalmente el uso de las herramientas de dibujo manual e asistido por computadora (DAO). BIM aún no es incluido.

En ingeniería mecánica, el plan de estudio del primer semestre [6] incluye exclusivamente el diseño asistido por computadora que requiere el dominio de la correspondencia 2D / 3D y 3D/ 2D. No se enseña ninguna habilidad en el dibujo técnico manual. El plan de estudios destaca que no se requiere experiencia previa y que la educación debe ser accesible para cualquier estudiante que simplemente esté interesado en la tecnología.

3.2 Secciones específicas antes de las escuelas de ingeniería

En Francia, el acceso a las escuelas de ingeniería (capacitación en tres años) generalmente se obtiene después de una competencia que se prepara en dos años en secciones específicas. Hay muchos tipos de clases. El actual plan de estudios de la más tecnológica de ellas (PTSI y PT, construido en 2013 [7]) implica la realización de un modelo digital de un sólido utilizando un modelador 3D, la decodificación de una representación 2D estandarizada y el uso de herramientas de representación (dibujo y diagrama 2D y 3D). Se debe tener en cuenta que las representaciones manuales deben reflejar la intención del diseño sin centrarse en los detalles de la trama o el requisito de las representaciones estandarizadas.

3.3 Cursos de ingeniería en 5 años que empiezan directamente después del bachillerato

También existen en Francia cursos de ingeniería accesibles desde el bachillerato y que duran 5 años. Presentamos aquí los elementos del programa de formación del Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas (INSA) de Toulouse. Con el fin de satisfacer las necesidades industriales tanto en la representación gráfica técnica a mano como con el uso de la computadora, el INSA de Toulouse explota en los primeros años aulas equipadas de un lado con computadoras y del otro con tableros de dibujo (Fig. 3).



Figura 3. Aula con tableros de dibujo y CAD en el INSA de Toulouse.

En el primer año de enseñanza se presentan ambos enfoques con el fin que todos los estudiantes tengan un conocimiento básico de la expresión gráfica, y eso independientemente de su futura disciplina de ingeniería. Por lo tanto, todos los estudiantes están capacitados en diseño asistido por computadora (software CREO) y en diseño hecho a mano. Realizan un pequeño proyecto de diseño con un modelo digital y tienen la oportunidad de trabajar en máquinas de impresión 3D para que luego puedan explotar de forma independiente durante la escolarización las máquinas disponibles en FABLAB.

4. Conclusiones

Por lo tanto, notamos en los planes de estudios franceses una casi desaparición del dibujo técnico a mano a favor de la enseñanza del modelo digital.

Desde mi punto de vista, existe (y seguirá existiendo durante algunos años) una necesidad industrial de habilidad en la lectura de dibujos complejos, así como en la expresión gráfica con un simple lápiz y papel. También está claro que nuestros planes de estudios deben acompañar (o mejor anticipar) los desarrollos tecnológicos en un contexto que todavía está cambiando.

Mi experiencia de profesor me anima a recomendar que continúe durante algunos años la enseñanza del dibujo técnico a mano, porque en cierta manera la herramienta condiciona la forma de pensar. La experiencia enseña que, en la fase de diseño preliminar, los estudiantes dibujan a mano las áreas funcionales de sus mecanismos y luego administran las continuidades del material mientras que usando una herramienta 3D, la continuidad del material se maneja antes que las áreas funcionales. Es probable que los desarrollos futuros puedan combinar modos de representación, pero aún no podemos razonar de la misma manera con un ratón o con un lápiz.

Más generalmente, en un contexto donde los estudiantes tienen acceso autónomo a múltiples tutoriales en nuestras universidades o por Internet (youtube ...) y en un contexto donde nuestro tiempo de contacto con los estudiantes tiende a reducirse, debemos poner mucha atención en el contenido y en las modalidades de nuestras lecciones para maximizar nuestro

valor agregado con el fin de prepararlos mejor para su ingreso en la fuerza laboral y también para que puedan capacitarse por sí mismos durante sus carreras.

Agradecimientos

Gracias a Pierre Stéphan, catedrático de la Universidad Toulouse 2 que acredita los docentes de tecnología de secundaria, por todos sus sabios consejos.

Referencias

1. A walk through the History of CAD, https://youtu.be/mcwIMsh_g3o
2. Sciences de l'Ingénieur (Polynésie France) - Bac S 2003; <https://www.sujetdebac.fr/annales/s-sciences-ingenieur-2003-polynesie>
3. Sciences de l'Ingénieur (Métropole France) - Bac S 2009; <https://www.sujetdebac.fr/annales/s-sciences-ingenieur-2009-metropole>
4. Sciences de l'Ingénieur (Métropole France) - Bac S 2018; <https://www.sujetdebac.fr/annales/s-sciences-ingenieur-2018-metropole>
5. Programa de capacitación, instituto universitario de tecnología, ingeniería civil, http://iut.u-pem.fr/dut-genie-civil/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&file=fileadmin/fichiers/Dut-genie-civil/PPN/2013_PPN_GCCD.pdf
6. Programa de capacitación, instituto universitario de tecnología, ingeniería mecánica, https://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/DUT_-_Programmes_pedagogiques_nationaux/28/4/10-PPN-GMP_VD_150284.pdf
7. Programmes de la classe préparatoire scientifique Physique, technologie et sciences de l'ingénieur (PTSI) et programme de sciences industrielles de l'ingénieur de la classe Physique et technologie (PT) ; Annexe 3 : Programmes des classes préparatoires aux Grandes Ecoles ; http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid20536/bulletin-officiel.html?cid_bo=71640&cbo=1

III.2. Graphical Teaching in Engineering – Italy

De Napoli Luigi

University of Calabria-DIMEG

luigi.denapoli@unical.it

Abstract

In this note, the situation of graphical teaching in Italy will be presented briefly. The results of a survey on basic courses of technical industrial drawing are shown, showing that traditional drawing still covers most of the core arguments of graphical teaching. In many universities, some electronic learning/teaching/evaluation tools have been implementing and the ADM (Italian Association of Design Methods and Tools for Industrial Engineering), once they are developed in deep, is committed to disseminating these tools to all Italian universities. Some challenging issues are presented for graphical teaching in the next years, showing weaknesses and opportunities. The evidence that traditional drawing is still a necessary tool to communicate more of the information on an industrial product is indicated. It is presented also how the hand sketch remains a promising tool to teach in order to give to the new generations of engineers a means to exteriorize inventive ideas during the early design phases; indeed, it is a good idea to encourage it, also by providing an update on the skills and abilities of teachers, if necessary.

Keywords: machine drawing, graphical teaching, design methods for industrial engineering, drawing education, hand drawing.

1. Introduction

In the Italian university system, the graphical teaching in engineering is provide in all areas of engineering, in the various curricula of industrial engineering, civil engineering, architecture and information engineering. As far as civil engineering is concerned, the design courses in the various programs are essentially held by professors belonging to the academic discipline sector called ICAR/17 (Drawing).

In the field of information engineering, the “Drawing” and similar courses are held essentially by professors of various disciplinary backgrounds, but most are headed by those belonging to the academic discipline ING-INF/05 (Information Processing Systems) and are essentially courses in computer graphics or electrical and electronic CAD.

In the curricula of architectural type, the graphical teaching is the prerogative of academic discipline ICAR/13 (Design).

In the field of industrial engineering the teacher/researcher belonging to the academic discipline ING-IND/15 (Design Methods for Industrial Engineering) take charge of the whole part of the drawing courses and the like; very often they teach courses also in the other fields of the engineering.

Here the current situation and the problems of teaching issues that involve “design and methods of industrial engineering” in Italy will be presented.

2. The state of industrial technical design in Italy

Since some years the ADM (Associazione Disegno di Macchine) has been converted into a National Scientific Society which also represents the academic discipline Ing-Ind/15 (Design Methods for Industrial Engineering). This National Scientific Society has been called “Associazione Nazionale Disegno e Metodi dell’Ingegneria Industriale”, “Italian Association of Design Methods and Tools for Industrial Engineering”.

At the beginning of 2019, the ADM established a workgroup on didactics that analyzed the structure of the basic educational offer of this academic discipline starting from the analysis presented the previous year by Prof. Monica Carfagni.

Furthermore, the same workgroup studied the possibility of sharing innovative teaching tools between the various Italian universities in which industrial drawing is taught.

One hundred and thirty-four basic courses have been surveyed, in 41 universities in Italy (see figure 1), for graphical teaching in industrial engineering, someone splitted where there are more than one hundred twenty students [1]. All these courses depend on the academic discipline ING-IND/15 and with almost the same contents, and take many names: Drawing, Technical Drawing, CAD, Machine Drawing, Industrial Drawing, Representation Methods, Industrial Technical Drawing, etc. The total amount of corresponding delivered ECTS (CFU) is approximately 900.



Figure 1. Italian universities in which basic courses of industrial drawing are taught.

In figure 2 we can see, in orange, the amount of basic course in each university (the last five in the right are online universities). In blue are the courses covered by my academic staff, the remaining courses are held by colleagues from similar academic disciplines or by adjunct or untenured professors.

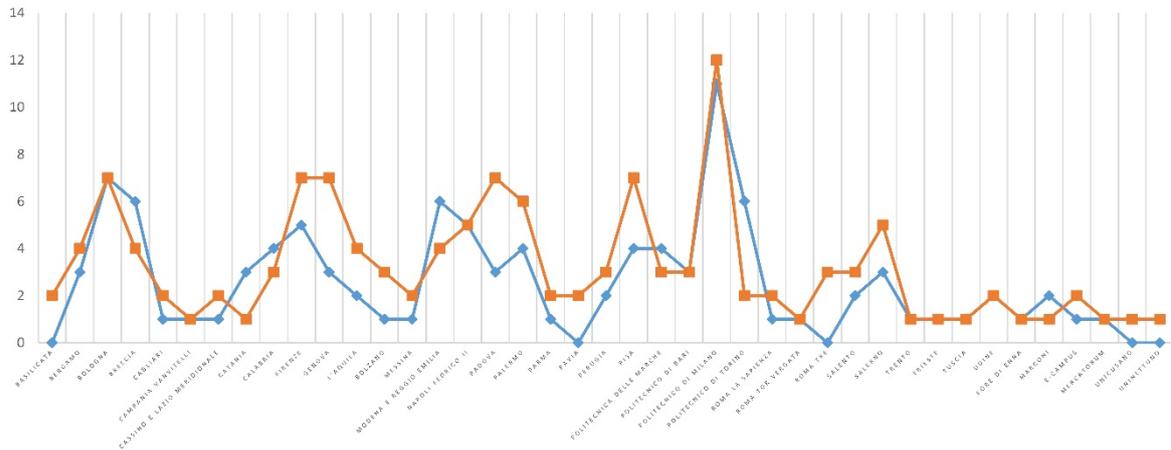


Figure 2. Distribution of basic courses of industrial drawing taught in Italian universities.

However, see figure 3, the basic courses of graphical teaching in industrial engineering cover almost the fifty percent of teaching commitment for the academic staff belonging to Ing-Ind/15. The other fifty percent of time/ECTS is spent for advanced course: Product Design and Development (PDD), Design for X (DfX), Virtual Prototyping, Industrial Design, Design for Additive Manufacturing, Geometric Product Specification (GPS), etc.

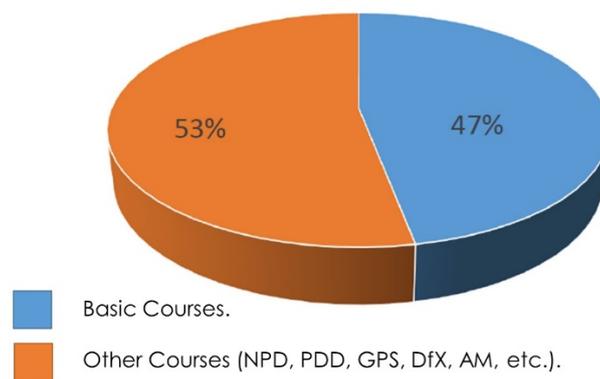


Figure 3. Teaching of lecturers in “Design methods for industrial engineering”.

Almost all basic courses have similar reference textbooks, the main of which is the textbook of Professors Chirone and Tornincasa. More than forty percent of this basic courses are based on traditional drawing, hand drawing. However, in seventy percent of all course there is the traditional drawing as main topic (see fig. 4).

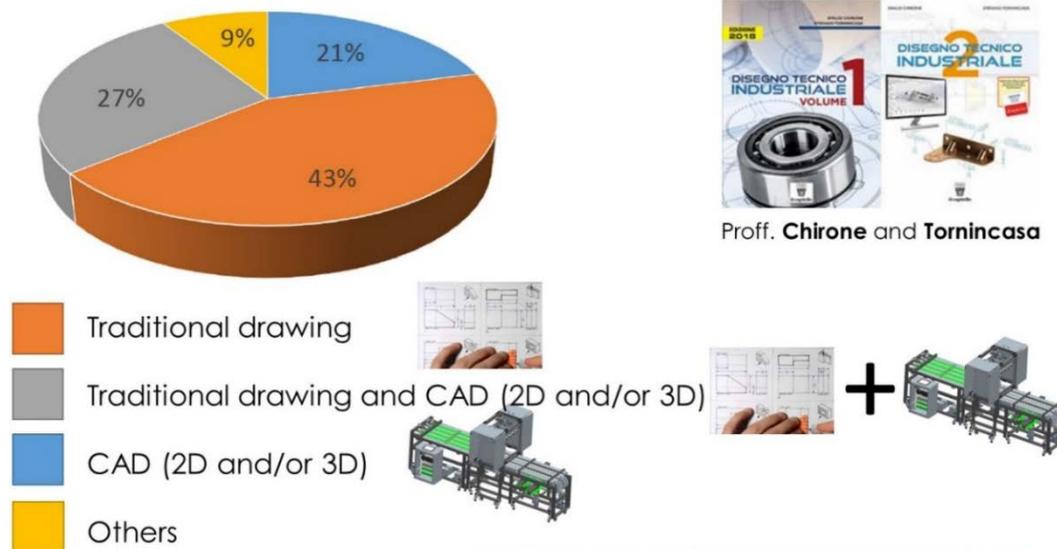


Figure 4. Basic courses contents.

In all the universities have a similar syllabus in these basic courses. Some differences are in the very basic contents and this depends on the context in which each university operates. For example, at the universities in the north of Italy, most of the students have sometimes a considerable background knowledge, due to the consolidated multi decades-long industrial context. Indeed, some subjects are already labeled as "done" to those coming from a technical high school. And this happens also in some university near to specific consolidated industrial pole: for example, Bari, Naples, and Marche (see figure 5).

In the south of Italy, there is a very weak industrial context, for example near University of Calabria, except for very localized zones. Most of students in this weak area have no idea of how is made an industrial product, how it works. And then most of graduates emigrate in the north of Italy or abroad.

Furthermore, also lecturers are not so experienced with important industrial context, at least at the beginning of their academic career, except in rare cases, like my personal case. I spent four years in PTC, a well-known CAD leader company. In these four years, I spent much time in the technical division of all types of industrial firms, in a period during which in the second half of the nineties the CAD software houses contributed to updating mechanical engineers to 3D CAD. These experiences led me the possibility to transfer some of the industrial backgrounds to my students and I had the possibility to prepare many graduates in advanced modeling, leading to competitive advantage respect to the graduates of many other universities, at least at the beginning of their careers. And this I think is very unusual! Very few colleagues of mine have a former industrial experience.

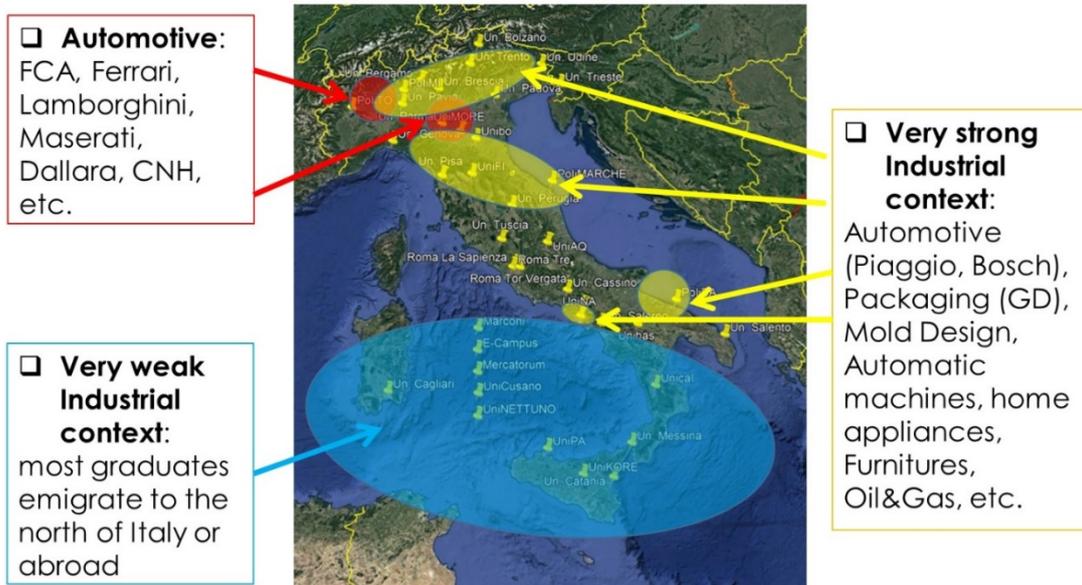


Figure 5. Italian universities and neighboring industrial context.

In figure 6 there is an exploded view of the syllabus of machine drawing courses in some of important universities in Italy. The basic course taught in University of Calabria is similar to those of PoliBA.

As can be seen, the very basic course imparted is in the first year of the bachelor degree. This have sense in industrial contexts, but in a context like university far from an important industrial context, there are many difficulties for the teacher to make intelligible some concepts. Even the exam often becomes a further lesson.

	sede	UNIBS	UNIBS	UNIFI	UNIFI	UNIBO-FO	POLIBA	UNIUD
		1°MECC	3°MECC	1°MECC	3°MECC	1°MECC	1°MECC	2°MECC+GEST
	anno corso	60	90	81	54	CFU	60	48
	ore corso	CFU	CFU	CFU	CFU	CFU	CFU	CFU
	ARGOMENTI							
Hand/CAD drafting	COSTRUZIONI GEOMETRICHE (fondamentali, curve tecniche, ...)	0,1	-	0,1	-	0,1	0	-
	PRINCIPI GENERALI DI RAPPRESENTAZIONE (linee, formato fogli, ...)	0,1	-	0,1	-	0,1	0,25	0,125
	METODI DI PROIEZIONE, RAPPRESENTAZIONI ORTOGRAFICHE E VISTE	0,4	-	0,4	-	0,3	0,75	0,75
	TAGLI E SEZIONI	0,3	-	0,4	-	0,3	0,5	0,5
Fabrication errors	QUOTATURA	0,4	-	0,3	-	0,3	0,5	0,5
	TIPOLOGIE DI DISEGNI (complessivi, ... particolari)	0,1	-	0,1	-	0,1	0,25	0,125
	DISEGNO E LAVORAZIONI MECCANICHE (parti realizzate per fusione, ...)	0,1	-	0,1	-	0,1	0,25	-
	TOLLERANZE DIMENSIONALI	0,6	-	0,8	-	0,2	0,5	0,5
	RUGOSITA' E FINITURE SUPERFICIALI	0,1	-	0,2	-	0,2	0,25	0,125
	FILETTATURE (tipologie, ...)	0,2	-	0,2	-	0,2	0,25	0,125
Machine components	ORGANI DI COLLEGAMENTO FILETTATI (viti, ...)	0,2	-	0,3	-	0,2	0,25	0,125
	COLLEGAMENTI SMONTABILI NON FILETTATI (linguette, anelli elastici, ...)	0,4	-	0,8	-	0,3	0,25	0,25
	ELEMENTI DI MACCHINE (ruote dentate, cuscinetti, ...)	0,6	-	1,4	-	0,6	0,25	-
	COLLEGAMENTI PERMANENTI (saldature, ...)	-	-	0,1	-	-	0	-
Labs	TOLLERANZE GEOMETRICHE	-	4	1,2	2	0,3	0,25	0,125
	ATTIVITA' PRATICA IN AULA (rilievo, disegno particolare da assieme, ...)	2,4	-	2,5	-	2,7	0	1
	ATTIVITA' PRATICA PERSONALE A MANO OBBLIGATORIA AI FINI DELL'ESAME	-	-	-	-	-	0,6	-
	ATTIVITA' PRATICA PERSONALE AL CAD OBBLIGATORIA AI FINI DELL'ESAME	-	-	-	-	-	0,4	-
	CAD 2D	-	-	-	-	-	0,5	1
Exam	CAD 3D	-	3	-	3	-	0	-
	ALTRI ARGOMENTI NON RICONDUCEBILI AI PRECEDENTI	-	2	-	1	-	0	0,75
	TOT CFU corso	6	9	9	6	6	6	6
		ORE	ORE	ORE	ORE	ORE	ORE	ORE
Exam	PROVE INTERMEDIE	-	-	-	-	-	-	-
	TEST DOMANDE A RISPOSTA CHIUSA (Teoria)	0,5	0,5	-	-	-	-	-
	TEST DOMANDE A RISPOSTA APERTA (Teoria)	-	-	0,5	-	0,5	0,6	0,33
	TEST DOMANDE A RISPOSTA APERTA (Grafica)	1,5	2	0,5	-	0,5	0,5	0,33
	PROVA GRAFICA TRADIZIONALE (particolare)	1	-	2	-	2	-	2
		-	consegna elaborato	-	consegna elaborato	-	-	consegna tavole CAD
	PROVA ORALE	-	-	-	0,5	-	-	0,33
	TOT ORE	3	2,5	3	0,5	3	1,1	2,99

Figure 6. Typical syllabus examples of the basic course of "Machine Drawing".

Machine drawings are not only simple representations of geometric features, but they collect as much as possible information of a product; so a course of Machine Drawing has to be administered to mature engineering students. And this applies to every university.

Since the basic courses of machine drawings are now delivered in the early years, many teachers are forced to anticipate many of the engineering concepts covered by other teaching unit. The problem is even more accentuated when the time comes to correct the assigned homework, which completion in many cases is an indispensable condition for accessing the exam. Many teachers are entrusting the verification of the correctness of homework to more or less smart and interactive tools of self-learning and self-verification.

In many other cases, to overcome the lack of basic engineering knowledge, many teachers (and this is also the case of mine) spend much time to revise face to face the homework. Besides for the students is very important to see the teacher using squares and pencil on their works, and this happens also with 3D CAD because even only watching to the movement of the hand with the pencil or the mouse could be an effective pedagogic happening. I think that in this case are very important the mirror neurons [2] for this sort of learning by imitation. Do you remember Gianfranco Zola? He became a very good football player also because he was a Diego Maradona's teammate! Yes, we are a Maradona for our students!

In general, the main learning outcome is the possibility, hopefully, for a student, to understand, or to produce a technical engineering document, either as a mechanical drawing or a geometric model or other types of technical file (see fig. 7). For this, the hand sketch and drawing are still fundamental, because it offers the necessary slowness to the student when the pencil is either in the hand of the teacher and the student itself. The slowness of blackboard and chalk helps the student to learn; on the contrary, the slides and other media are very helpful to understand but contribute only to flash memory of the learner. The slowness of pencil in the hand of student help him to better understand what is still obscure giving him the time to reveal him the symbolic reality.

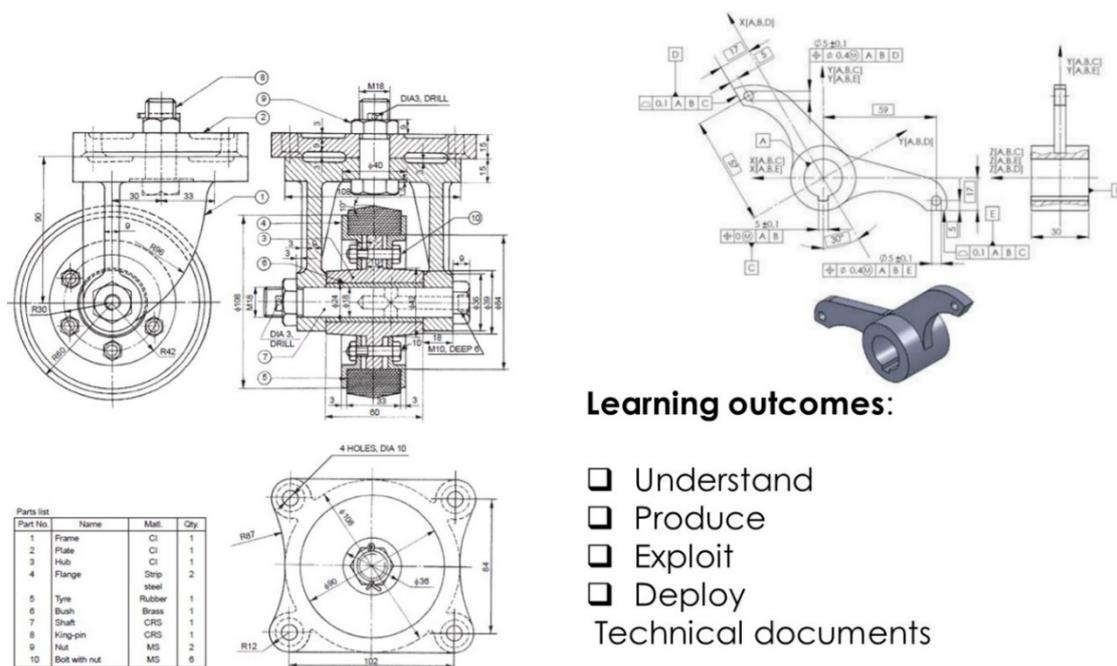


Figure 7. "Machine Drawing" learning outcomes.

In many universities since some years e-learning platforms have been implementing. Most of these are based on Moodle. Colleagues of the University of Brescia, also in collaboration with other colleagues of other universities, have implementing continuously various tools for teaching, learning, evaluating design skills, etc. [3, 4].

In the University of Calabria, we have experienced a platform based on CHAMILO, particularly as a tool for instant surveys during the lecture, to verify the understanding of the arguments just exposed, in real-time. On the same platform, we have published some videos of prof. Rizzuti (a very talented pencil player!), drafting the solution of a homework; the video has been captured from a point of view very near to those of the teacher.

3. Graphical teaching: challenges

3.1 Post-Millennials (native digital generation)

The difficulties of graphical teaching are increasing more and more. For some years now, we have been dealing with a generation of young people using increasingly smart technologies. The problem is that smartness is moving from people to objects. In fact, in Italy for some years we have seen an increase in functional illiteracy [5] and this happens essentially because today's youth is getting used to not finding the answers alone but to expect them from others, perhaps from the google assistant!

The phenomenon, in my opinion, is only beginning: digital natives are about to arrive in our classrooms. But the drawing is far from dying! In figure 8 there is an example of a toy and how are conceived the assembly manual and other tools. Observing a very skilled six years old child while facing up the toy box, I observed that he learned the exact assembly sequence in a few minutes. Observing more in deep, only the overall framework was clear with the interactive 3d assembly model on the tablet; actually, the exact sequence has been memorized with the paper sheet!

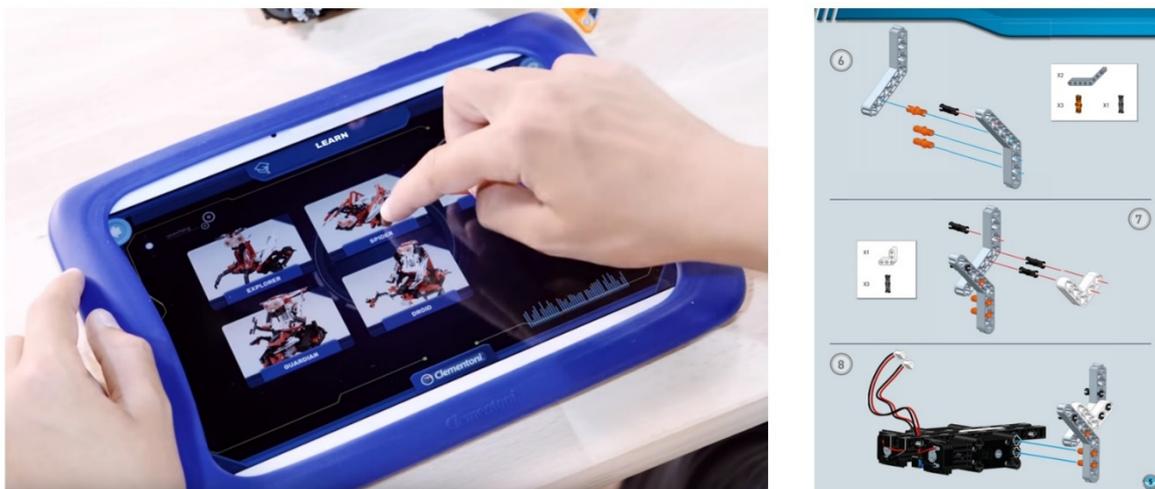


Figure 8. “Machine Drawing” and interactive tools for post-millennials.

Yes, the drawing is far from dying! And so still remain important to teach how to produce and understand technical drawings. Furthermore, handling drawing is an activity for opening mind toward design thinking: drawing as an embodied extension of the mind. In fact, since some years many researchers and pedagogues have pointed out the problem of how to improve spatial skills in American students [6], because they have demonstrated that spatial thinking is really a key to science, technology, engineering, and mathematics—the so-called STEM disciplines; in fact, scores of high-quality studies conducted over the past 50 years indicate that spatial thinking is central to STEM success.

3.2 Conceptual design and 3D modeling/design

We think that hand drawing and hand sketch will remain for many years. First of all, like Latin and Greek in high schools, they are a great tool of help to reason, in particular in the conceptual design phase, and give big support to foster creativity. In all the courses of “Product Design and Development” taught worldwide as well as in industrial practice, the very early design phases, the concept generation (see figure 9), are still performed employing pencil and paper.

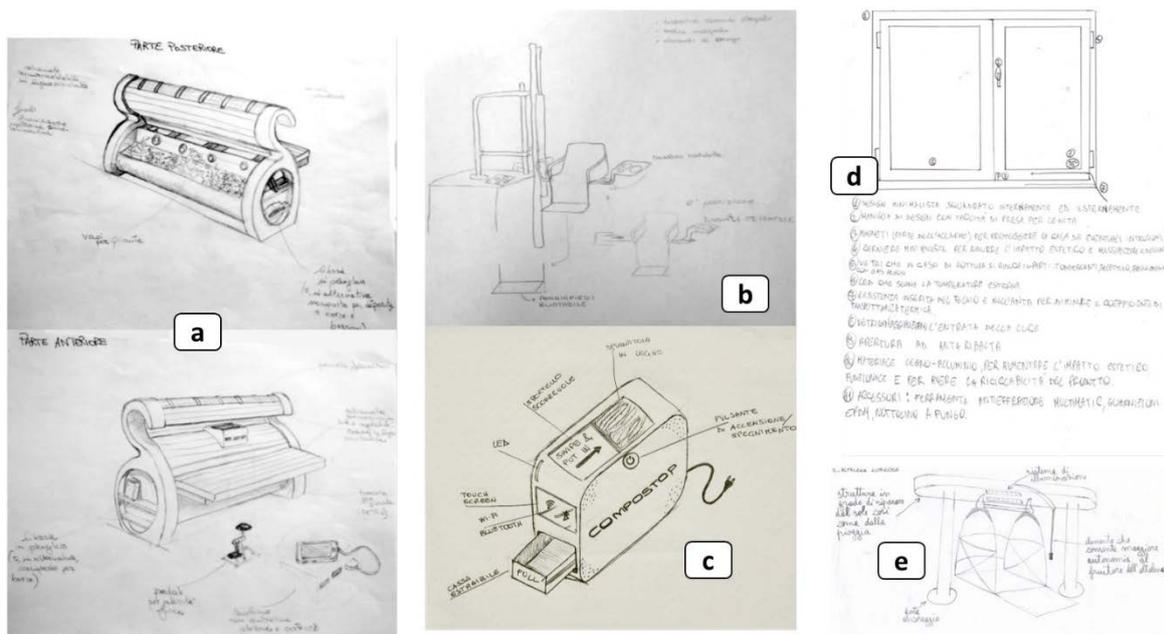


Figure 9. Examples of sketched concepts delivered in the laboratory of “Sustainable Product Development”.

In fact, in many universities in the USA, in the UK, and in Scandinavian countries there are some courses to develop and increase hand sketching skills. In 2018, I attended the E&PDE conference of Design Society at the Imperial College of London and there a revival of the sketch skills has been fostered, even promoted by the invite to submit abstracts for the conference of 2019 by means of a sketched abstract (see figure 10).

Moreover, there is not an effectual 3D CAD software for the conceptual design phase of a product. And whatever modeled with a 3D CAD in the early design phase of a new product,

generally is lost for the detailed design phase. There are very few people in the world that are capable to model directly the 3D CAD model of a new product from the beginning; these engineers are very very skilled with the software, know very well all the database of standard parts, and have a big experience in design practice in a wider sense (mechanical engineering, mechatronics, automation, energy engineering, etc.).



Conference 12th and 13th September 2019
Workshop 11th September 2019

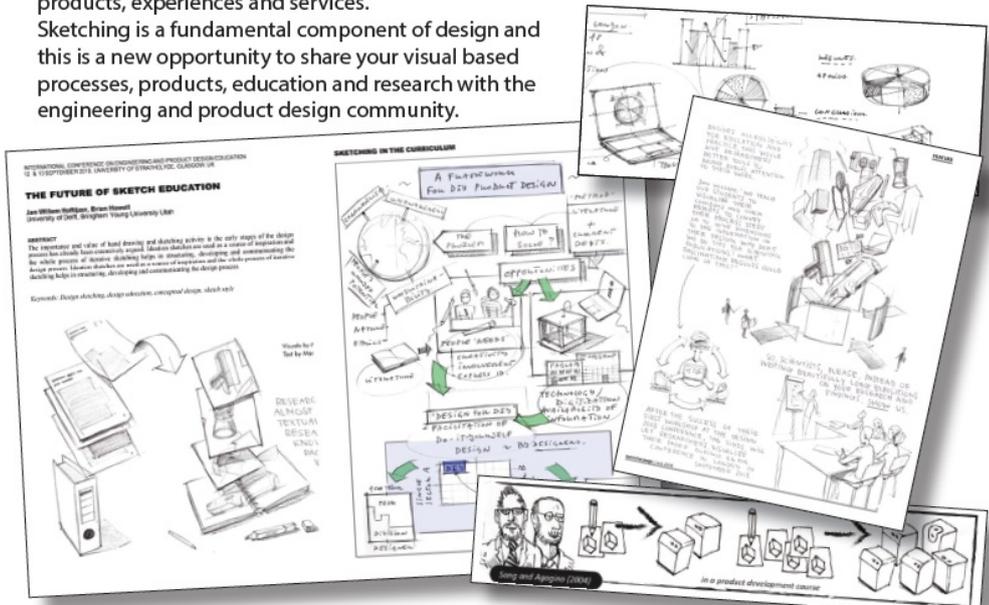


University of Strathclyde, Glasgow, UK

NEW: VISUAL PAPERS TRACK

Sketching in Design Practice, Education & Research.

Visual papers are papers in which the visual components are essential in communicating the primary information while text plays a supporting role. Sketching is a fundamental language for design and designers. It helps us analyse, organize, communicate, reflect, negotiate, persuade, explain, discuss, and present designed concepts, products, experiences and services. Sketching is a fundamental component of design and this is a new opportunity to share your visual based processes, products, education and research with the engineering and product design community.



This track seeks submissions that explore how we practice, educate and research within the field of sketching. We invite submissions that investigate:

- New sketching methods or experiences in practice, education, or research.
- The use of sketching in non-object-oriented design domains such as experience or service design.

- Sketch driven case studies or products in design practice or education.
- Other insights, practices or processes in sketching that would advance the knowledge and capacity of the wider professional or education community.

More info: <http://epde.info/epde2019/>

Figure 10. EPDE19 - Call for paper to submit “sketched” abstract.

3.3 New paradigms: MBD and IoT (Industry 4.0)

In the last years, especially from CAD Industry, are coming two important pushes: Model-Based Design (MDB), and IoT (Internet of Things) integrated into CAD. Academic teachers are ready for these? Or, like 3D CAD in the late nineties, we will be pushed from outside, from the software houses? 10

In the case of MBD, this is a good tool/methodology, but we have to remember that it is faster to look at a drawing than to move a mouse: the drawing allows us to see all the information at once, an enriched 3D model has more information but accessible by means of a UI that may not be the most effective and usable. A drawing can collect all the engineering information thanks to the experience of thousands of technicians who contributed in many decades to define the standards, to build a so sophisticated language.

Regarding IoT, this is a big chance, both in the sense of research and in the didactics.

It remains very important to teach to learn how to read and deliver 2D documents, also because, for example, most of the technical department of the companies are full of 2D drawings, both on paper and in electronic format; moreover, drawings have yet a legal significance, sometimes exclusively. It remains very important to teach to learn how to read and deliver 2D documents, also because, for example, most of the technical offices of the companies are full of 2D drawings, both on paper and in electronic format; moreover, drawings have yet a legal significance, sometimes exclusively.

4. Conclusion

In recent years, after the hangover from virtual prototyping, awareness of the importance of design is returning. Adm, Ingegraf and S.mart have to be careful not to lose the importance of Machine drawing as standard language in the engineering academic disciplines.

If necessary, the members of this associations must ensure that the colleagues in the courses in which the graphic teaching is imparted use the design language appropriately, even in their teaching unit. Only in this way will we be able to continue to train new generations of engineers for future challenges and to try to adopt new technologies in the most appropriate mode.

It is also desirable that in-depth knowledge of freehand drawing for the communication of design ideas during the generation of creative and innovative concepts is adopted and taught. In this case, the standard of technical drawing must be accompanied by freehand sketching techniques.

References

- 1 Baronio, G., Villa, V., De Crescenzo, F., Furferi, R., Motyl, B., Uva, A.: ADM Report on Didactics, (2019).
- 2 Oztop, E., Kawato, M., Arbib, M.: Mirror neurons and imitation: a computationally guided review. *Neural Networks*, vol.19(3), pp. 254–271 (2006).
- 3 Speranza, D., Baronio, G., Motyl, B., Filippi, S., Villa, V.: Best practices in teaching technical drawing: experiences of collaboration in three Italian Universities. In: *Lecture notes in mechanical engineering—advances on mechanics, design engineering and manufacturing*, pp. 903–913, Springer International Publishing, (2017).
- 1 Baronio, G., Bodini, I., Copeta, A., Dassa, L., Grassi, B., Metraglia, R., Motyl, B., Paderno, D., Uberti, S., Villa, V.: *Integrated Approach to the Innovation of Technical Drawing Teaching*

- Method. In: Lecture notes in mechanical engineering, pp. 705-713, Springer International Publishing, (2019).
- 5 OECD Skills Matter: Further Results from the Survey of Adult Skills, OECD Skills Studies, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264258051-en>, (2016).
 - 6 Newcombe, N. S.: Picture this: Increasing math and science learning by improving spatial thinking. *American Educator*, vol. 34(2), pp. 29–35, (2010).

III.3. La docencia de la Expresión Gráfica en la Ingeniería en el S.XXI. Grado de Ingeniería Mecánica

Otero, César

EGICAD. Dpto de Ingeniería Geográfica y Técnicas de Expresión Gráfica. Universidad de Cantabria

cesar.otero@unican.es

Resumen

Este trabajo responde a la necesidad que el área de conocimiento de Expresión Gráfica en la Ingeniería, como cualquier otra área de conocimiento, tiene de establecer sus líneas formativas para los próximos años. En un mundo que está cambiando todas sus estructuras y bastantes de sus prioridades, las directrices académicas de la formación básica en una disciplina como el Dibujo Técnico o la Ingeniería Gráfica deben ser contrastadas y, si procede, reformuladas. Para lo primero, para llevar a cabo un contraste, se han elegido diversos centros de referencia mundial y se ha revisado la oferta de sus contenidos y de su metodología. El resultado es una serie de evidencias que pueden ser tomadas como punto de partida para consolidar aquello que debe permanecer, incluso en un escenario de cambio, pero también para pensar en reformular aquello que difícilmente resiste la fuerte evolución que todo lo académico está experimentando.

Palabras clave: Dibujo Técnico, Diseño en Ingeniería, Ingeniería Gráfica, Expresión Gráfica en la Ingeniería, Ingeniería Mecánica. Enseñanza de la Ingeniería Gráfica.

1. Introducción

El análisis y debate de los contenidos docentes del Área de Conocimiento de Expresión Gráfica en la Ingeniería es, a buen seguro, el núcleo sobre el que se constituye la asociación INEGGRAF. Una loable (y comprensible) inquietud por el futuro de dichos contenidos es lo que dio lugar en el año 1989 al Primer Congreso de Expresión Gráfica (aún no se había acuñado el término INEGGRAF) [1]. Tras 30 años, ese mismo problema resulta hoy aún más candente e intenso.

Y eso que dichos treinta años nos han permitido (a algunos) contemplar cómo nuestras disciplinas han mantenido, modificado o eliminado (según los casos y las situaciones) sus contenidos ante cambios de marco regulador de tanto calado como fueron: la ley de Autonomía Universitaria (LAU), la Ley de Reforma Universitaria (LRU), la ley Orgánica de Universidades (LOU) y su modificación actualmente en vigor (LOMLOU). En simultáneo con estos cambios reguladores, la Universidad Española puso en marcha el proceso de convergencia académica con los acuerdos de Bolonia [2]. En esta última década también, el cambio tecnológico y social

está comenzando a consolidar una nueva manera de entender y modelar la formación universitaria bajo el término STEM [3].

STEM es el acrónimo de Science, Technology, Engineering and Mathematics. Más allá de lo evidente que resulta el propio término, STEM propone cosas de mucho calado:

- Integrar ciencia, técnica y matemáticas viene a significar que el proceso de enseñanza/aprendizaje no finaliza en la ciencia sino en su aplicación.
- Por ello mismo, la metodología más adecuada es experimental y más marcadamente inductiva de lo que ha venido siendo. Ello supone un reto profundo a la manera de organizar y desarrollar todo el proceso docente, desde los niveles de primaria hasta el grado o master.
- Además, por primera vez, parece que el proceso lleva un camino “de abajo a arriba” (bottom-up), lo que, de tener éxito, garantiza su aceptación y, por santo, su consolidación. En efecto, es sabido que los procesos de abajo a arriba gozan de un nivel de implicación individual y social muy superior a los de “arriba a abajo” (top-down). STEM se está ensayando en la escuela desde hace décadas; ello significa que esos alumnos seguirán metodologías STEM en la universidad con toda naturalidad. Son metodologías usuales STEM el “aprender haciendo” (learning by doing) y el “aprendizaje basado en proyectos” (project based learning), por ejemplo.
- Por otra parte, en la esencia de STEM se adivina (por así decirlo) la necesidad de una intensa redefinición de áreas de conocimiento, tal como las conocemos en la actualidad.

A nivel personal, este trabajo tiene un antecedente muy directo en [4], que fue remitido al Congreso INGEGRAF, de 2008; era el momento en que había que reconsiderar contenidos de cara a la definición de Planes de Estudio ajustados a Bolonia. En dicho trabajo sentamos algunas de las bases metodológicas que hoy de nuevo desarrollamos aquí.

Desde entonces (ese año 2008), soy testigo de primera fila de cómo desde las Juntas Directivas de la Asociación, en Ingegraf nos planteamos y replanteamos el asunto de la revisión de contenidos. Lo soy también de la vigencia e interés que tiene la línea de comunicaciones docentes en los congresos Ingegraf y JCM. Este trabajo es mi humilde aportación personal al asunto, hoy, en Ingegraf 2019. Lo he llevado a cabo y, por tanto, lo expongo como un ensayo científico. No sorprenderá pues que lo estructure así: en el apartado 2 formularé el objetivo del trabajo; en el apartado 3 su metodología; en el 4 desarrollaré los resultados obtenidos, que serán sintetizados en el apartado 5. El apartado 6 hará una discusión de los aspectos que considere más importantes, tras lo que llegaremos a la conclusión, que mostrará vías de continuación y mejora de la idea.

2. Objetivo

El objetivo de esta comunicación es doble: por un lado, mostrar con rigor y claridad cuáles son los contenidos y métodos docentes de la primera asignatura de Expresión Gráfica (Dibujo, Representación Gráfica, o títulos semejantes) en los estudios de Ingeniería Mecánica en las universidades mejor posicionadas en dicha especialidad en el Ranking de Shangai; por otro,

mostrar una metodología de trabajo reproducible que permita continuar y contrastar este mismo análisis en otras especialidades de ingeniería o en la búsqueda de otras asignaturas de Ingeniería Mecánica de cursos más avanzados.

3. Metodología

Se aplicaron las siguientes reglas:

- Se han elegido 12 universidades, comenzando por las mejor posicionadas en la especialidad de Ingeniería Mecánica, año 2018.
- Se limita el número de universidades de un mismo país.
- Se incluye al menos una Universidad de cada continente que tenga alguna entre las 100 primeras.
- Se busca un equilibrio entre universidades por continente, aunque se da mayor interés a las europeas.
- De entre las europeas, se busca la diversidad de países.
- Si una Universidad no ofrece un mínimo de información específica sobre epígrafes de asignatura tales como Drawing, Design o similar, se desestima.
- Si una Universidad ofrece una asignatura claramente asimilable a Drawing, Design o similar y no ofrece descriptores claros porque su metodología es basada en Proyecto, se incluye en el estudio.
- La asignatura objeto de estudio es la de primer curso (no obstante, el trabajo describe otras asignaturas afines al área en cursos superiores en diversas ocasiones).
- En la asignatura de primer curso objeto de este estudio se identifican los siguientes campos:
 - Denominación.
 - Número de créditos (relativos a la totalidad del curso siempre que ello es posible).
 - Condición de asignatura esencial (*core*) en los estudios o, en su defecto, carácter de obligatoriedad.
 - Observaciones relevantes: en especial metodología docente (clásica o basada en proyectos).
 - Descriptores más relevantes.
 - Programas resumidos.
 - Dirección web de la información extraída.

4. Resultados

A continuación, se describe el grupo de universidades analizado y se resumen los resultados más relevantes.

4.1 Instituto Tecnológico de Massachusetts, EEUU

Esta institución ofrece a los estudiantes de primer año asignaturas que les ayuden a decidir cuál es el tipo de ingeniería que mejor se ajusta a sus preferencias. Las asignaturas 2.00A, 2.00B y 2.00 C (tabla 1) ofrecen temas de mucha actualidad y gancho temático. El resumen de contenidos para la asignatura 3.00 Toy Product Design puede encontrarse en [5] (los resúmenes son muy similares para 2.00A y 2.00C). Los descriptores más relevantes *son trabajo en equipo, desarrollo del producto, necesidades de cliente, generación de bocetos, modelado de bocetos, diseño de detalle y prototipado, comunicación escrita, visual y oral.*

La asignatura 2.00 Introduction to Design es realmente la primera de Expresión Gráfica propiamente dicha; se imparte en segundo año. Su resumen de contenidos es el siguiente:

Project-based introduction to product development and engineering design. Emphasizes key elements of the design process, including defining design problems, generating ideas, and building solutions. Presents a range of design techniques to help students think about, evaluate, and communicate designs, from sketching to physical prototyping, as well as other types of modeling. Students work both individually and in teams. Enrollment limited; preference to Course 2-A sophomores.

La asignatura 2.007 Design and Manufacturing contiene descriptores propios de la Ingeniería Gráfica junto con otros de áreas afines; su resumen es este¹:

Develops students' competence and self-confidence as design engineers. Emphasis on the creative design process bolstered by application of physical laws. Instruction on how to complete projects on schedule and within budget. Robustness and manufacturability are emphasized. Subject relies on active learning via a major design-and-build project. Lecture topics include idea generation, estimation, concept selection, visual thinking, computer-aided design (CAD), mechanism design, machine elements, basic electronics, technical communication, and ethics.

Los descriptores más relevantes encontrados son *trabajo en equipo, desarrollo del producto, necesidades de cliente, generación de bocetos, modelado de bocetos, diseño de detalle y prototipado, comunicación escrita, visual y oral. Aprendizaje vía proyectos diseñá-fabrica, visual thinking, computer-aided design (CAD), comunicación técnica.*

Tabla 1. Asignaturas de primer y segundo curso de Ingeniería Mecánica identificadas en el MIT.

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	AÑO	TIPO	OBSERVACIONES	METODOLOGÍA
MIT	2.00A Fundamentals of Engineering Design: Explore Space, Sea and Earth	1	OPCIONAL	SOLO UNA DE LAS TRES	BASADAS EN PROYECTOS
	2.00B Toy Product Design	1	OPCIONAL		
	2.00C[J] Design for Complex Environmental Issues: Building Solutions and Communicating Ideas	1	OPCIONAL		
	2.00 Introduction to Design	2	CORE UNDERGRADUATES	HAY UN DESIGN AND MANUFACTURING II	BASADAS EN PROYECTOS
	2.007 Design and Manufacturing I				

¹ Los programas descritos en inglés se reproducen tal cual para respetar escrupulosamente los descriptores y palabras clave utilizadas en este idioma. En programas de universidades italianas, suizas y holandesas he recurrido al traductor de Google.

4.2 Universidad de California, San Diego, EEUU

En la UCSD se han identificado tres asignaturas [6]. La más asimilable a las de primer curso en España es la MAE 03 Introduction to Engineering Graphics and Design (ver tabla 2), cuyos descriptores son estos [7]:

*Introduction to the Design Process through a hands-on design project performed in teams. Design topics covered include problem identification, concept generation and creativity, concept selection, project management, risk reduction, and learning from hardware performance. In addition, **Engineering Graphics** and Communication skills are introduced in the areas of: Computer Aided Drafting (CAD), and technical Communication (Graphical, Written, and Oral). Engineering graphics topics include orthographic, isometric projections, and dimensioning. CAD tools, such as AutoCAD, are introduced for both 2D and 3D. CAD tools are also used for rapid prototype fabrication, and geometric analysis. Students use communication skills to present the results of their design projects.*

La asignatura MAE07 Spatial Visualization [8] propone trabajos de generación de vistas y perspectivas de piezas. No forma parte del curriculum obligatorio, pero no puede pasar desapercibida en este trabajo. Se ha incluido la asignatura MAE 150 Computer Aided Design porque, pese a su título, estudia temas marcadamente fuera de la Ingeniería Gráfica, lo cual tampoco es irrelevante a los efectos que pretendemos analizar y debatir.

Los descriptores asociados con la Ingeniería Gráfica más relevantes encontrados son *Engineering graphics and communication skills, Computer-Aided Design (CAD), hand sketching, orthographic, isometric projections, and dimensioning. CAD tools, such as AutoCAD, are introduced for both 2D and 3D*

Tabla 2. Asignaturas de primer y segundo curso de Ingeniería Mecánica identificadas en UCSD.

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	AÑO	TIPO	OBSERVACIONES	METODOLOGÍA
UCSD	MAE 03. Introduction to Engineering Graphics and Design (4)	LOWER	ME CORE		CLÁSICA
	MAE 07. Spatial Visualization (1)	LOWER	OPCIONAL	"CURSO CERO"	CUADERNOS DE TRABAJO
	MAE 150. Computer-Aided Design (4)	UPPER	OBLIGATORIA	NO EXP. GRÁFICA	

4.3 Universidad de Stanford, California, EEUU

De las 5 asignaturas identificadas en la Universidad de Stanford (ver tabla 3), la ME130D Engineering Drawing and Design es la que encaja con nuestra obligatoria de primer año. El resumen de sus contenidos es el siguiente:

The fundamentals of engineering drawing including orthographic projection, dimensioning, sectioning, exploded and auxiliary views, assembly drawings, and SolidWorks. Homework drawings are of parts fabricated by the student in the lab. Assignments in 203 supported by material in 103D and sequenced on the assumption that the student is enrolled in both courses simultaneously.

La asignatura ME203 Design and Manufacturing complementa a la anterior con estos contenidos (ya no todos asimilables a Ingeniería Gráfica):

Integrated experience involving need finding, product definition, conceptual design, detail design, prototype manufacture, public presentation of outcomes, archiving and interpreting the product realization process and its results. Presents an overview of manufacturing processes crucial to the practice of design.

Merece por último la pena destacar la existencia de una oferta sobre Visual Thinking, que no debería pasar desapercibida al lector. Toda la información de este epígrafe puede verse en [9].

Tabla 3. Asignaturas identificadas en Stanford.

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	AÑO	TIPO	OBSERVACIONES	METODOLOGÍA
STANFORD U	ME 101: Visual Thinking			COMPLEMENTARIA	
	ME 103D: Engineering Drawing and Design		ME CORE	VA CON PRODUCT DESIGN	CLÁSICA
	ME 110: Design Sketching				
	ME 125: Visual Frontiers				
	ME 203: Design and Manufacturing			COMPLEMENTA A 103D	

4.4 Universidad de Cambridge, Inglaterra

El primer curso de ingeniería mecánica en Cambridge desarrolla 11 asignaturas [10], una de las cuales se denomina Drawing. La asignatura se imparte en dos trimestres [11], uno orientado al CAD y otro orientado al dibujo manual. Los contenidos de ambos [12] son los siguientes.

Michaelmas Term (CAD): parts, assemblies, drawings, project data management, revolves. Sweeps, patterns, surfaces, sheet metal, weldments, animation,

Lent Term (Manual Drawing): introduction to drawing (orthographic and isometric), interpreting orthographic projections, reading and drawing auxiliary views, basic drawing conventions, including sections, part drawings and assemblies, projection theory: points and lines, projection theory: planes, introduction to dimensioning.

Los contenidos de la asignatura pueden considerarse clásicos; no se han encontrado referencias muy explícitas al método de enseñanza o aprendizaje, pero todo hace pensar que también es el tradicional. Dada la fuerte afinidad de estos contenidos con los que pueden encontrarse en muchas de nuestras escuelas españolas, no se ha realizado más búsqueda de asignaturas en esta universidad, dando el objetivo por cumplido.

Tabla 4. Asignatura Drawing en Cambridge.

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	AÑO	TIPO	OBSERVACIONES	METODOLOGÍA
U CAMBRIDGE	Drawing	1	COMPULSORY	NO SE HA REVISADO MÁS AIGNATURAS	CLÁSICA

4.5 Universidad XI'AN JAOTONG, China

La Universidad china mejor posicionada en el ranking de Shangai para ingeniería mecánica no ofrece una descripción muy clara de sus asignaturas (ver tabla 5). Se ha podido identificar un catálogo general [13] y una estructura de plan de estudios [14]. De ambas se desprende la existencia de una asignatura denominada Engineering Drawing, clasificada en el grupo de las asignaturas principales; es obviamente obligatoria. Una segunda disciplina denominada Project Design tiene un carácter más complementario. La búsqueda, en todo caso, requeriría un esfuerzo adicional para llegar a resultados más concluyentes.

Tabla 5. Asignaturas en la Universidad Jiaotong de Xi'An.

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	AÑO	TIPO	OBSERVACIONES	METODOLOGÍA
XI'AN JAOTONG U	MACH 1408: Engineering Drawing		BASIC CURRICULUM	NO SE HA ENCONTRADO EL PROGRAMA	SIN DATOS
	Engineering Training (Project Design)		CHIEF ASPECTS OF PRACTICAL TRAINING	NO SE HA ENCONTRADO EL PROGRAMA	SIN DATOS

4.6 Imperial College, Londres, Inglaterra

Esta institución forma a sus ingenieros mecánicos (Bachelors) incluyendo una asignatura de primer año denominada Design and Manufacture I que tiene asignado el 16,66% de la docencia, lo que muy sensiblemente viene a ser asimilable a nuestras asignaturas de Dibujo I y II (o denominaciones análogas) de primer y segundo cuatrimestre [15]. La asignatura cubre aproximadamente también los mismos objetivos que las nuestras, aunque incluye temas de CNC, taller y fabricación. Los contenidos desarrollados son estos [16]:

1 CAD solid modelling and engineering drawings (*use of 3D CAD to produce component part solid models; combine those part models to produce a stable assembly; include in the assembly standard parts provided from a master "Toolbox"; produce both assembly and component drawings from the CAD models; complete the engineering details of those drawing ready for manufacture*). 2 Engineering drawing (*multiple view Orthogonal projection drawings using drawing instruments; isometric and perspective drawing using pencil and paper without scale device or ruler; creation of drawing with representation of standard parts to BS8888*) 3. Shaft Design. 4 Tolerances and Standards. 5 Design for Manufacture & Assembly. 6 Workshop Skills. Se han desarrollado en cursiva sólo los contenidos asimilables a la primera de las asignaturas de nuestro plan de estudios, como se indica en el apartado 2 (es relevante indicar que los apartados 3 y 4 tienen contenidos asimilables a la segunda de nuestras asignaturas de Dibujo, pero ello no es el objeto de este trabajo).

Tabla 6. Asignaturas en el Imperial College.

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	AÑO	TIPO	OBSERVACIONES	METODOLOGÍA
IMPERIAL COLLEGE LONDON	Design and Manufacture	1	CORE	TIENE EL DOBLE DE TIEMPO QUE OTRAS ASIGNATURAS PERO CUBRE: DISEÑO, CAD, DIBUJO, DISEÑO DE EJES, NORMAS Y TOLERANCIAS, CONJUNTOS Y FABRICACIÓN Y TALLER (INCLUSO CNC)	VIENE A SER EL EQUIVALENTE A DOS ASIGNATURAS EN UN PRIMER CURSO DE DOCE

4.7 Politécnico de Milán, Italia

En esta institución italiana se han identificado dos asignaturas (ver tabla 7); la primera, denominada *Metodi da Representazione Tecnica* [17] es la que encaja en este estudio; sin embargo, resulta muy limitada en el tratamiento del modelado CAD [18]. Por ello que se ha incluido la que se oferta específicamente con esa temática. La primera de las asignaturas es obligatoria de primer año; sería necesario profundizar en la información sobre la segunda para saber exactamente en qué año se oferta y con qué grado de obligatoriedad.

Los contenidos de la primera son estos: *Introducción al proceso de diseño. Tipos de dibujos técnicos. Normalización. Representación gráfica: proyecciones ortográficas, cortes, dimensionamiento. Obtención y comprobación de las piezas: principios generales sobre los materiales y simbologías relativas; materiales, procesos tecnológicos y formas; Tolerancias dimensionales, superficiales y geométricas. Morfología de los elementos de la máquina: expresión, a través de representación gráfica, de los aspectos funcionales y de construcción relacionados con las piezas de conexión (elementos roscados, soldaduras, remaches, pegado), transmisión de movimiento (ejes, ejes, rodamientos, lengüetas, llaves y perfiles estriados), ejes y transformación del movimiento (correas, cadenas, engranajes). Actividades de laboratorio de computación: uso de modeladores sólidos 3D para crear modelos y piezas de mesa y ensamblajes simples.*

Los contenidos de la segunda son estos: *Descripción general de las herramientas asistidas por computadora para respaldar las diversas fases del desarrollo del producto y su integración. Función y propósito de los sistemas CAD en el desarrollo de productos. Técnicas de modelado de geometría sólida. Relaciones geométricas y funcionales para la realización de perfiles 2D. Operadores de modelado (extrusión, corte, barrido, vaciado, repeticiones, ...). Modelado paramétrico. Realización de montajes. Vista despiezada de un conjunto. Intercambio de datos entre diferentes sistemas. Integración de superficies sólidas en sistemas CAD. Técnicas de representación técnica. Técnicas y enfoques para la animación de sistemas con al menos un grado de libertad.*

Tabla 7. Asignaturas en el Politécnico de Milán.

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	AÑO	TIPO	OBSERVACIONES	METODOLOGÍA
POLITÉCNICO DE MILÁN	METODI DA REPPRESENTAZIONE TECNICA	1	OBLIGATORIA	7 CREDITOS DE UN TOTAL DE 61 EN PRIMER CURSO	CONTIENE EL EQUIVALENTE A DOS ASIGNATURAS DE DIBUJO DEL PLAN ESPAÑOL, PERO INCLUYE CAD COMO LABORATORIO
	MODELLAZIONE CAD	SIN DATOS CLAROS	SIN DATOS CLAROS	6 CRED	CURSO COMPLETO DE MODELADOR DE DISEÑO MECÁNICO, INCLUYENDO SIMULACIÓN DE MECANISMOS

4.8 Universidad Tecnológica de Delft, Holanda

El TU Delft no facilita una información muy clara sobre el desarrollo de su plan de estudios de ingeniería mecánica. Aunque haría falta un estudio más profundo –probablemente no solo basado en la información web [19]- hemos optado por incluir su plan en este trabajo porque está claramente orientado al aprendizaje basado en proyectos y nos parece conveniente identificar evidencias de este tipo. No hemos encontrado descripción de una asignatura de Dibujo o similar. La descripción de los estudios de primer año dice así:

Durante el primer año, recibirá cuatro cursos de matemáticas, que incluyen atención a las ecuaciones diferenciales y una base extensa en ingeniería mecánica, como dinámica y termofluidos. Esto se combinará con cursos más orientados a la aplicación de componentes y mecanismos de ingeniería mecánica, como rodamientos de bolas, neumática y técnicas de producción. Luego aplicará este conocimiento en tres proyectos de diseño, incorporando las tres etapas, desde el análisis de problemas hasta el diseño y la construcción, y luego las pruebas y la evaluación. La adquisición de habilidades técnicas, como el modelado y simulación 3D, también se integra en el programa. Y aprenderá a presentar y reportar también. El año se completa con un concurso de diseño, en el que se enfrentará cara a cara con otros grupos de compañeros de estudios.

La síntesis de esta descripción nos ha llevado a formular la tabla 8.

Tabla 8. Asignaturas en el TU Delft.

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	AÑO	TIPO	OBSERVACIONES	METODOLOGÍA
TU DELFT	THREE DESIGN PROJECTS	1	OBLIGATORIOS	SIN DATOS	CUBREN LAS RES FASES DE PROYECTO: ANÁLISIS, DISEÑO CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS-EVALUACIÓN
	TECHNICAL SKILLS	1	OBLIGATORIOS	SIN DATOS	MODELADO 3D Y SIMULACIÓN (QUIZÁ ENTRE OTROS TEMAS)

4.9 Universidad de Southampton, Inglaterra

Esta institución organiza un primer año con estructura de 6+6 asignaturas; en cada semestre existe una denominada Design and Computing [20]. El contenido de esta asignatura está muy detallado en [21]. Se ofrece a continuación:

DESIGN

Design basics - Design methodology - Sketching (isometric) & geometry parameterization - Fits and tolerance - 2D drawings and sketching of assembly and parts - Drawing conventions to BS 8888

Computational Geometry I - Part modeling - basics - Part modeling - forging and patterning - Modelling revolution features and shell ribs - Design tables Design Exercises (by discipline) Discipline exemplars include: - 3D printed acoustical artefact - 3D printed wing & SolidWorks CFD / wind tunnel testing - 3D printed mechanical artefacts - 3D printed propeller /

Computational Geometry II - Parametric modelling - Complex surface generation (NURBS & lofts) - Bottom-up assembly modeling - SolidWorks FEA basics - (discipline specific) Complex geometry: Surfaces (Faired lines plan) Workshop Skills (certificate) - In-house and external (intensive) Workshop skills including Metrology, Sheet Metal & Welding, CNC, lathe, mill, professional engineering, maintenance, tapping and drilling. 2)

COMPUTING & COMPUTATIONAL MODELLING

a) Computing Introduction to computing exemplars. Programming Building Blocks - Variables, data types, objects - Functions - Lists, tuples, strings - Loops and branching - Files and modules - Exceptions and testing. Modular program design: prototyping, functions, modules. Advanced programming techniques, robust software engineering, PEP8 style guide. Visualisation and data processing/ handling (matplotlib). Python for Computational Modelling - Numpy, Scipy, Sympy, iPython, Spyder - Case Studies/ Exemplars

b) Computational Modelling. Solution of Linear Systems - Gaussian Elimination - LU Decomposition. Interpolation and curve Fitting - Least squares - Polynomials - Splines. Numerical Integration - Trapezium - Simpson - Adaptive quadrature - Advanced techniques. Roots of an equation - 1D Bisection, - Secant, - Newton-Raphson, - Hybrid and multidimensional non-linear c) Computing skills. Getting Starte. Simple Functions. Working with sequences, list comprehension. File input and output. Lists, File, Exceptions, Strings. Higher Order Functions, Closures. Dictionaries, Recursion- Linear algebra; interpolation; integration; root finding. Symbolic computation.

Tabla 9. Diseño y Computación en la Universidad de Southampton.

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	AÑO	TIPO	OBSERVACIONES	METODOLOGÍA
U SOUTHAMPTON	DESIGN AND COMPUTING	1	OBLIGATORIO	60 CRED PARA UN TOTAL DE 240 EN EL PRIMER CURSO	UNA ASIGNATURA MUY AMPLIA QUE INTEGRA EN LA CLÁSICA UNA INGENIERÍA GRÁFICA COMPUTACIONAL MUY NECESARIA EN LA INGENIERÍA

4.10 Instituto Tecnológico de Zurich, Suiza

Esta institución organiza su primer año de estudios de ingeniería mecánica con 7 asignaturas y dos cursos adicionales; los nueve son obligatorios. Los cursos adicionales se denominan Proyecto de Innovación y Dibujo Técnico y CAD [22]. No nos hemos entretenido en buscar la razón por la que se diferencian las asignaturas obligatorias convencionales de las adicionales (también obligatorias) aunque la sola clasificación en dos grupos ya es elocuente. El programa de la asignatura [23] es muy preciso y el vídeo que se referencia [24] merece ser visto.

cción al proceso de desarrollo del producto Esbozo en el proceso de desarrollo del producto Dibujo técnico - Vistas y proyecciones - Secciones - Notación - Elementos de formulario - Elementos de la norma ISO - Dimensionamiento - Tolerancias - Ensamblajes - Documentación CAD - Conceptos básicos de CAD - Métodos de modelado CAD - Modelado basado en croquis - Operaciones de modelado - Modelado basado en características - Ensamblaje - Elaboración de modelos Dibujos 2D de componentes 3D: enlace a la simulación (p. Ej., Cinemática): enlace a la gestión de datos de productos y variantes (PDM): enlace a procesos de fabricación aditivos (p. Ej. Impresión 3D).

Tabla 10. Dibujo Técnico en el Instituto Tecnológico de Zurich.

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	AÑO	TIPO	OBSERVACIONES	METODOLOGÍA
ETH ZURICH	TECHNICAL DRAWING	1	OBLIGATORIO	NO HAY DATOS	ES UN DIBUJO+CAD CLÁSICO, PERO CON ENLACE A SIMULACIÓN, PRODUCT MANAGEMENT Y FABRICACIÓN ADITIVA

4.11 Universidad de Nueva Gales del Sur (ingeniería), Australia

La UNSW plantea un plan de estudios abiertamente basado en el aprendizaje basado en proyectos, en el que el diseño parece jugar un protagonismo clave, sobre todo en los primeros cursos. Se han detectado dos asignaturas parcialmente asociables a la Ingeniería Gráfica (tabla 11): la que se denomina Diseño e Innovación se desarrolla en el primer trimestre del primer curso; la que se denomina Diseño en Ingeniería tiene una ubicación en cursos posteriores, aunque no hemos encontrado con claridad su ubicación.

Diseño e innovación es una asignatura en la que se pretende que el alumno comience a desarrollar sus capacidades ingenieriles afrontando un diseño de ingeniería en un plazo de 10 semanas y dentro de un equipo de trabajo. La información de la asignatura no describe contenidos sino objetivos, resultados y filosofía de aprendizaje [25]. La asignatura de Diseño en Ingeniería ofrece una descripción basada en objetivos, resultados de aprendizaje y filosofía de aprendizaje similar a la anterior. Sin embargo, se sintetiza la esencia del término Design Thinking [26]: *Design thinking is a fundamental skill that every engineer must have for the 21st Century. It is one of the skills that profoundly distinguish human intelligence from artificial intelligence, which greatly impacts an engineer's long-term career success in the workplace. Therefore, this course aims to equip you with the domain-independent and solution-neutral*

design thinking, which can be applied to whatever technical stream (e.g., aerospace, mechanical, manufacturing, mechatronic, or naval engineering) you choose to pursue in the future.

Tabla 11. Diseño en la Universidad de Nueva Gales del Sur, Sydney Ingeniería.

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	AÑO	TIPO	OBSERVACIONES	METODOLOGÍA
UNSW SYDNEY ENGINEERING	ENGG1000 DESIGN AND INNOVATION	1	OBLIGATORIO	6	PROYECTO EN EQUIPO, 10 SEMANAS
	MMAN 2130 DESIGN AND MANUFACTURING	SIN DATOS	SIN DATOS	6	PROYECTO EN EQUIPO O INDIVIDUAL

4.12 Universidad de Manchester

Esta institución también se decanta por comenzar la formación del ingeniero con una asignatura de diseño, denominada Design 1, basada en el trabajo en equipo (4 miembros en este caso) y en el principio DMT (Design, Make and Test). La propuesta es fabricar un coche de madera que tiene que recorrer una rampa de 5 metros de longitud. El programa de la asignatura es este [27]: 1. *Elements of general mechanical engineering design: screws, gears, bearings, etc.* 2. *Engineering considerations in designing the model car.* 3. *Calculations related to gears and gear ratios, friction losses.* 4. *The use of Gantt charts.* 5. *Failure Mode Effect Analysis (FMEA).* 6. *Engineering drawing.* 7. *Tolerancing.* Los apartados 6 y 7 abren la participación a la Ingeniería Gráfica.

Una segunda asignatura, Design2, se desarrolla en segundo curso [28] con este programa: *the design projects will be based on a structured methodology that will begin with a market study, and evaluation of various designs. It is necessary for the students to identify, select and cost commercial materials and the manufacturing methods. The project includes calculating the physical demands such as loads and forces and torque required. The design work is then mostly based on 3D solid modelling. Final optimisation can be verified with FEA. Also CAD drawings of the parts and the manufacture and assembly are produced. The assessment for each project will be based on the group report. The mark that is achieved for each of the group report will contribute 50% towards the final mark for the Design II module.* De nuevo, los contenidos asimilables a nuestra Ingeniería Gráfica se desarrollan en un contexto colaborativo.

Tabla 12. Diseño en la Universidad de Manchester.

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	AÑO	TIPO	OBSERVACIONES	METODOLOGÍA
U MANCHESTER	MACE 10331 DESIGN1 (MECHANICAL)	1	OBLIGATORIO	10 (DE 160)	DMT PROJECT (DESIGN, MAKE AND TEST). TODOS DISEÑAN UN COCHE
	MACE 20071 DESIGN 2 (MECHANICAL)	2	OBLIGATORIO	10 (DE 140)	PROYECTO DE DISEÑO, INCLUYE LA PRODUCCIÓN DE PLANOS E IMPRESIÓN 3D

5. Síntesis de los resultados

Se analizan a continuación cuatro aspectos: i) la frecuencia con que se utiliza una metodología basada en proyectos o una metodología clásica; ii) el número de universidades cuyo programa es equiparable al de los planes de estudios españoles (siempre en asignaturas de Dibujo I); iii) dado que en una considerable cantidad de ocasiones estos contenidos se imparten junto con otros en la asignatura que los contiene, cuáles con esos contenidos (que dibujan el mapa de afinidades de nuestra docencia) y iv) qué contenidos de nuestro Dibujo I imparten realmente las Ingenierías Mecánicas de las universidades de mayor prestigio mundial en la especialidad.

5.1 Metodología clásica o basada en proyectos

De las doce universidades analizadas, 5 manifiestan aplicar metodología basada en proyectos en la asignatura de primer curso y seis muestran programas típicos de metodología clásica. La universidad de San Diego (California) aplica PBL, pero sobre unos contenidos muy clásicos; por ello se ha computado en ambos grupos. La universidad de Xi'An no ha sido integrada en ningún grupo. Ver tabla 13 y figura 1.

Tabla 13. Metodología PBL frente a metodología clásica.

UNIVERSIDAD	METODOLOGÍA PBL	METODOLOGÍA CLÁSICA
MIT	X	
UCSD	X	X
STANFORD		X
CAMBRIDGE		X
XI'AN JAOTONG		
IMPERIAL COLLEGE		X
POLITÉCNICO DE MILAN		X
TU DELFT	X	
SOUTHAMPTON		X
ETH ZURICH		X
NUEVA GALES SUR	X	
MANCHESTER	X	

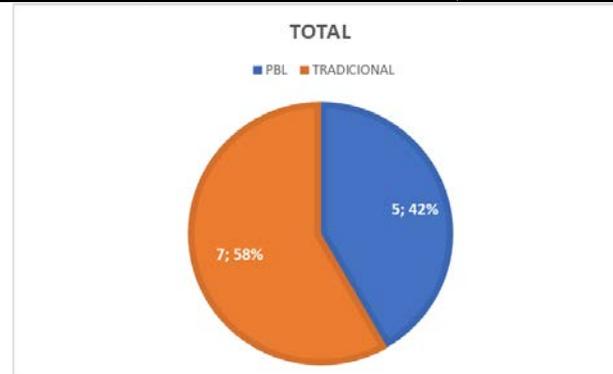


Figura 1. Proporción entre metodologías PBL y clásica.

5.2 Afinidad total o parcial de contenidos con el Dibujo I español

De un modo u otro, los contenidos de nuestro Dibujo Técnico I (o terminología similar) aparecen explícitos, total o parcialmente, en todas las universidades analizadas (sin contar

Xi'An por falta de claridad en sus datos). Ahora bien, el grado de coincidencia y la asignatura donde se ubican sí presenta notables discrepancias.

En la tabla 14 se ofrece una columna denominada *Contenidos solo Ingegraf* en la que se caracteriza con un SI aquellas universidades en las que dichos contenidos no van mezclados con los de otras disciplinas de nuestros planes de estudios. Hay 5 universidades (cuatro europeas). Otras 6 (3 europeas) mezclan estos contenidos en los términos indicados. Hemos mantenido la duda para Xi'An. El estado de la cuestión se resume en la tabla 14 y la figura 2.

Tabla 14. Afinidad de contenidos.

UNIVERSIDAD	CONTENIDOS SOLO INGEGRAF
MIT	NO
UCSD	NO
STANFORD	SI
CAMBRIDGE	SI
XI'AN JAOTONG	
IMPERIAL COLLEGE	SI
POLITÉCNICO DE MILAN	SI
TU DELFT	NO
SOUTHAMPTON	NO
ETH ZURICH	SI
NUEVA GALES SUR	NO
MANCHESTER	NO

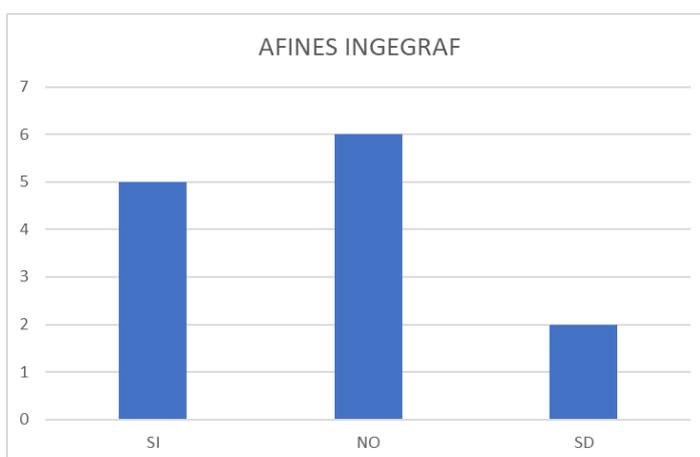


Figura 2. Afinidad de contenidos.

También el grado de coincidencia de los contenidos de las asignaturas de dibujo o diseño de primer año en estas universidades es de alto interés. Esta variabilidad se ha sintetizado en la figura 3. Los porcentajes son estimación del autor de este trabajo, pero reflejan claramente la tendencia que queremos conocer. Un porcentaje del 40%, por ejemplo, significa que la asignatura afín a Dibujo I en el primer año de la universidad en cuestión incluye unos contenidos asimilables a Ingeniería Gráfica, que ocupan (en estimación del autor) un 40% del programa total de la asignatura.

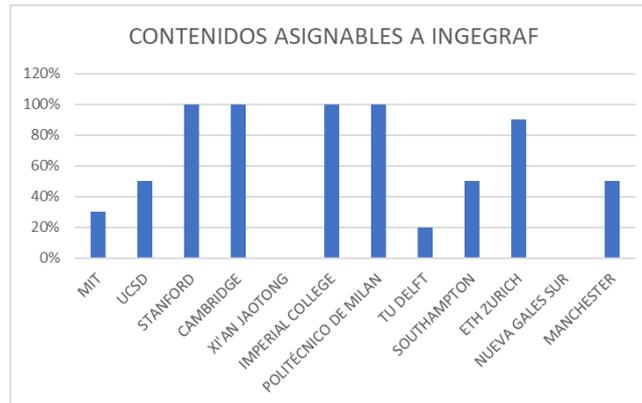


Figura 3. Contenidos afines a los impartidos en Ingegraf. Un valor estimado del 90% al 100% significa que todo lo que se trabaja en esa asignatura es propio de la Ingeniería Gráfica. Una estimación del 20% significa que sólo ese porcentaje de la asignatura se dedica a desarrollar contenidos Ingegraf.

5.3 Disciplinas afines al Dibujo I de Ingegraf

Resulta entonces necesario identificar de dónde provienen los otros contenidos que se desarrollan en las asignaturas identificadas en este estudio. Es importante porque tal asociación significa que lo que para nosotros en España es una unidad de trabajo (una asignatura como Dibujo I o Física I), para otras universidades no lo es. Y a la recíproca, lo que para nosotros no es una unidad de trabajo, para otras universidades sí lo es.

En otras palabras, y utilizando un ejemplo extraído de la propia muestra, para la Universidad de San Diego (UCSD) la enseñanza del dibujo forma un bloque unitario con las ideas de diseño asociadas a la generación del concepto, pero también con la fabricación, con la gestión del proyecto y con la comunicación. La tabla 15 muestra los descriptores que conviven con los propios del dibujo técnico en las asignaturas de Dibujo I de cada universidad. El panorama es elocuente y no requiere comentario adicional.

Tabla 15. Contenidos incluidos en las asignaturas de Dibujo I.

UNIVERSIDAD	DESCRIPTOR 1	DESCRIPTOR 2	DESCRIPTOR 3	DESCRIPTOR 4	DESCRIPTOR 5	DESCRIPTOR 6	DESCRIPTOR 7
MIT	DESARROLLO DE PRODUCTO	PRESUPUESTOS	FABRICACIÓN	ELEMENTOS DE MÁQUINAS		HABILIDADES DE COMUNICACIÓN	VISUAL THINKING
UCSD	GENERACIÓN DEL CONCEPTO	GESTION DE PROYECTOS	FABRICACIÓN			HABILIDADES DE COMUNICACIÓN	VISUAL THINKING
STANFORD	DISEÑO		FABRICACIÓN				
CAMBRIDGE							
XI'AN JAOTONG							
IMPERIAL COLLEGE			FABRICACION	TALLER			
POLITÉCNICO DE MILAN							
TU DELFT							
SOUTHAMPTON			FABRICACIÓN		COMPUTACIÓN		
ETH ZURICH			FABRICACION	SIMULACIÓN			
NUEVA GALES SUR							
MANCHESTER			FABRICACION	ING. MECANICA			

5.4 Contenidos Ingegraf impartidos en las universidades del estudio

Este epígrafe acomete la situación complementaria. Procede analizar cuáles son los contenidos realmente comunes en todos los programas; y, adicionalmente, saber cuál es su frecuencia de aparición. La tabla 16 recoge este análisis. La figura 4 lo expresa en forma de diagrama de frecuencias.

Tabla 16. Contenidos Ingegraf impartidos en las universidades estudiadas.

UNIVERSIDAD	VISTAS, BOCETOS	ACOTACIÓN	VISUAL/DESIGN THINKING	CAD (PARTES O AUTOCAD)	CONJUNTOS	FABRICACIÓN / PROTOTIPADO	COMUNICACIÓN / NORMALIZACIÓN	DIÉDRICO DE PUNTO RECTA Y PLANO	INTERCAMBIO
MIT	SKETCHING		VISUAL THINKING	CAD		PROTOTYPING	TECHNICAL COMMUNICATION		
UCSD	ORTHOGRAPHIC, ISOMETRIC PROJECTIONS	DIMENSIONING		CAD		PROTOTYPE FABRICATION	TECHNICAL COMMUNICATION		
STANFORD	ORTHOGRAPHIC PROJECTION, AUXILIARY VIEWS	DIMENSIONING	VISUAL THINKING	CAD	ASSEMBLY DRAWINGS	PROTOTYPE MANUFACTURE			
CAMBRIDGE	ORTHORAPHIC AND ISOMETRIC VIEWS, AUXILIARY VIEWS	DIMENSIONING		CAD	ASSEMBLIES		DRAWING CONVENTIONS	PROJECTION THEORY: POINTS, LINES, PLANES	
XI'AN JAOTONG									
IMPERIAL COLLEGE	MULTIPLE VIEW ORTHOGONAL PROJECTIONS, ISOMETRIC AND PERSPECTIVE (FREEHAND)	DIMENSIONING		CAD	STABLE ASSEMBLIES		STANDARD BS8888		
POLITÉCNICO DE MILAN	ORTHOGRAPHIC ANS ISOMETRIC VIEWS						STANDARDS		
TU DELFT									
SOUTHAMPTON	ISOMETRIC (FREE HAND)			CAD		3D PRINTING			
ETH ZURICH	SKETCHING, ORTHOGRAPHIC AND ISOMETRIC VIEWS	DIMENSIONING		CAD	ASSEMBLIES		STANDARDS (ISO)		EXCHANGE FILES
NUEVA GALES SUR MANCHESTER	CAD DRAWINGS			CAD	ASSEMBLIES	MANUFACTURE			
TOTAL	9	5	3	8	5	5	6	1	1

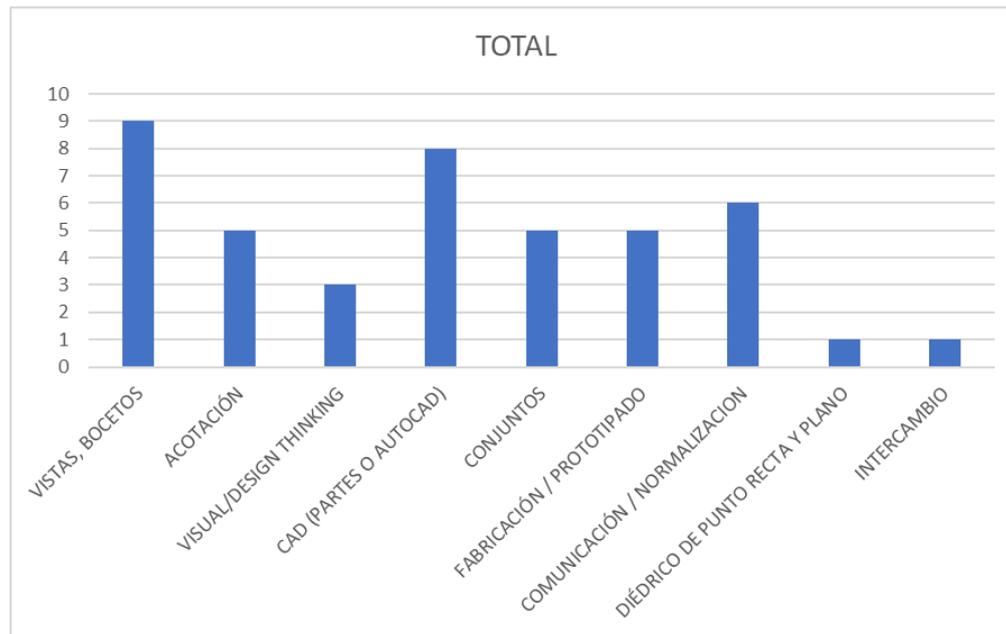


Figura 4. Diagrama de frecuencias con que los diversos contenidos típicos de una asignatura de Dibujo I impartida en España aparecen en las universidades estudiadas en la muestra.

6. Discusión

Aunque el estudio desarrollado hasta aquí apunta una tendencia muy clara sobre por dónde discurre el diseño de las asignaturas de Dibujo I (al menos para quien quiera sintonizar con las tendencias de los centros internacionales de reconocida excelencia), algunas limitaciones deben ser expuestas.

- No todos los programas son iguales en extensión. En efecto, en algunos centros hemos podido trabajar con una auténtica guía docente detallada; en otros con un resumen de contenidos basado en descriptores y, en otros, dicho resumen era más una declaración ideológica o metodológica.
- No todas las asignaturas analizadas tienen la misma duración.
- Dado que en muchos casos los contenidos asimilables a nuestro Dibujo I son sólo parte de programas de asignaturas más amplias, tampoco en una misma asignatura estamos completamente seguros de conocer lo que dura la impartición de contenidos de Dibujo I.
- En diversos casos, los descriptores de la asignatura son tan resumidos que pueden estar dejando sin formular contenidos clave. De ser así, habría contenidos impartidos pero que no se han computado en la figura 4.

En términos generales, la metodología expuesta revela con claridad las tendencias del modo en que se concibe la asignatura Dibujo I (o nombre equivalente) pero no más que las tendencias. Un estudio más profundo requeriría contactar con las universidades y solicitar las guías docentes de las asignaturas. Por cierto, sería un modo excelente de comenzar una

relación que resultaría de altísimo valor para nuestros intereses como docentes del área. Incluso lo sería para docentes de áreas afines que tuvieran cualquier tipo de conexión con la Ingeniería Gráfica.

7. Conclusión

Ingegraf, al igual que cualquier otro colectivo académico con identidad y solvencia demostradas, debe tener un mapa de situación preciso que le permita explicar y argumentar con rigor los conocimientos que imparte y por qué los imparte. Más aún incluso, y por qué los imparte él y no otros.

Muchas cosas están cambiando y lo están haciendo muy profunda y rápidamente. El fondo y la forma de llevar a cabo la docencia universitaria está en medio de ese intenso proceso de cambio. No tengo ninguna duda sobre la capacidad de nuestros profesores y de nuestras disciplinas no sólo para afrontar los cambios sino para aportar valores y soluciones en ese proceso. Pero la vía para hacerlo pasa por un análisis global como el que se esboza en este estudio.

En estos 10 últimos años he insistido tanto en la importancia y necesidad de este tipo de trabajos de análisis de la situación de la Ingeniería Gráfica de cara al exterior y a nivel global que, al final, me ha tocado a mí desarrollarlo. Suele pasar. Pero me siento muy honrado por que haya sido así. Pero ojo: esta contribución es sólo un primer paso. Si no me equivoco, ese tipo de estudios podrá llegar a ser de enorme importancia para quién desee desarrollar su carrera docente en esta área.

Si es que el área como tal permanece mucho tiempo. Pero ese es otro interrogante. Mientras tanto, mantengámosla como merece y requiere.

Agradecimientos

Agradezco al Comité Local del Congreso Ingegraf 2019 la oportunidad de elaborar y presentar este trabajo.

Referencias

- 1 INGEGRAF. <https://ingegraf.es/>. Last accessed 2019/05/21.
- 2 ACUERDOS DE BOLONIA. <http://eees.umh.es/contenidos/Documentos/DeclaracionBolonia.pdf>. Last accessed 2019/05/21.
- 3 STEM NAP. <https://www.nap.edu/collection/39/stem-education>. Last accessed 2019/05/21.
- 4 Otero C., Arias R., Manchado C. 2008. Comunicación sobre la presencia de la ingeniería gráfica en el curriculum académico del grado de ingeniero civil en el EEES. Congreso Internazionale Congiunto XVI ADM – XIX INGEGRAF. Perugia, Italia.

- 5 MIT Homepage, <http://student.mit.edu/catalog/m2a>, last accessed 2019/05/21.
- 6 UCSD Homepage, <https://www.ucsd.edu/catalog/courses/MAE.html>, last accessed 2019/05/21.
- 7 UCSD MAE3 Introduction to Engineering Graphics and Design.
http://maeweb.ucsd.edu/sites/mae.ucsd.edu/files/syllabi/MAE03_ABET%20Syllabi_2012_0.pdf?_ga=2.215025119.918831172.1551994069-1386813509.1551994069UCSD, last accessed 2019/05/21.
- 8 UCSD MAE7 Spatial Visualization.
<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZW5nLnVjc2QuZWR1fG1hZTN8Z3g6MzYwOTQ5YTcxZGQxNDFhYw>. Last accessed 2019/05/21.
- 9 Stanford Explore Courses. <https://explorecourses.stanford.edu/search?filter-departmentcode-ME=on&q=ME&view=catalog&academicYear=&filter-term-Spring=on&page=0&filter-coursestatus-Active=on&collapse=>. Last accessed 2019/05/21
- 10 Cambridge UK ME First Year students.
<https://www.admissions.eng.cam.ac.uk/course/1styearcw>. Last accessed 2019/05/21. .
Last accessed 2019/05/21
- 11 Cambridge UK Drawing. <http://teaching.eng.cam.ac.uk/content/part-ia-guide#hdr-2>.
Last accessed 2019/05/21.
- 12 Cambridge UK Drawing. <http://teaching.eng.cam.ac.uk/content/engineering-tripos-part-ia-drawing-2018-19>. Last accessed 2019/05/21.
- 13 Xi'an Jiaotong University. Engineering Mechanics.
<http://dean.xjtu.edu.cn/info/1058/2892.htm>. Last accessed 2019/05/21.
- 14 Xi'an Jiaotong University. Engineering Mechanics. Structur
http://dean.xjtu.edu.cn/_local/F/58/24/33ADB66A05855772C5735A37C1A_5275AACD_2F5D1.pdf. Last accessed 2019/05/21.
- 15 Imperial College Structure. <http://www.imperial.ac.uk/study/ug/courses/mechanical-engineering-department/mechanical-engineering-meng/#structure>. Last accessed 2019/05/21.
- 16 Imperial College Design and Manufacture Syllabus.
<https://www.imperial.ac.uk/mechanical-engineering/study/undergraduate/detailed-module-information/next-academic-year/?module=ME1-HDMF>. Last accessed 2019/05/21.
- 17 Politécnico de Milán. Técnicas de representación.
https://www11.ceda.polimi.it/schedaincarico/schedaincarico/controller/scheda_publica/SchedaPublic.do?&evn_default=evento&c_classe=690544&_pj0=0&_pj1=0c888afad98163131acc22c01deb9b43. Last accessed 2019/05/21.
- 18 Politécnico de Milán. Modelado CAD.
https://www11.ceda.polimi.it/schedaincarico/schedaincarico/controller/scheda_publica

- ca/SchedaPublic.do?&evn_default=evento&c_classe=688526&_pj0=0&_pj1=7c587fceb8a89b0127c3914373ecbe41. Last accessed 2019/05/21.
- 19 Universidad Tecnológica de Delft- Curriculum ingeniería Mecánica.
<https://www.tudelft.nl/en/education/programmes/bachelors/wb/bsc-mechanical-engineering/curriculum/>. Last accessed 2019/05/21.
 - 20 Universidad de Southampton, ME Estructura.
https://www.southampton.ac.uk/engineering/undergraduate/courses/mechanical_engineering/h301_meng_mechanical_engineering.page#modules. Last accessed 2019/05/21.
 - 21 Universidad de Southampton. Drawing and Computing Syllabus.
<https://www.southampton.ac.uk/courses/modules/feeg1001.page#syllabus>. Last accessed 2019/05/21.
 - 22 ETH Zurich ME. <https://www.mavt.ethz.ch/studies/bachelor.html>. Last accessed 2019/05/21. Last accessed 2019/05/21.
 - 23 ETH Zurich ME first year. <https://www.video.ethz.ch/lectures/d-mavt/2015/autumn/151-0321-00L/d3821246-2ca5-3fb6-8029-f9d0124e3ae9.html?autoplay=true>. Last accessed 2019/05/21.
 - 24 ETH Zurich ME video competition.
<https://www.youtube.com/watch?v=Pxabz6JiSaQ&list=PLVo-NpMrDMXy8WZeIXjtfdqUt70ZRkzuX&index=1>. Last accessed 2019/05/21.
 - 25 USSW Sydney Engineering Design and Innovation.
<https://www.handbook.unsw.edu.au/undergraduate/courses/2019/ENGG1000>. Last accessed 2019/05/21.
 - 26 USSW Sydney Engineering Engineering Design.
<https://www.handbook.unsw.edu.au/undergraduate/courses/2019/MMAN2100>. Last accessed 2019/05/21.
 - 27 U Manchester design 1.
<https://www.manchester.ac.uk/study/undergraduate/courses/2019/03921/meng-mechanical-engineering/course-details/MACE10331#course-unit-details>. Last accessed 2019/05/21.
 - 28 U Manchester design 2.
<https://www.manchester.ac.uk/study/undergraduate/courses/2019/03921/meng-mechanical-engineering/course-details/MACE20071#course-unit-details>. Last accessed 2019/05/21.

III.4. La innovación docente en la carrera profesional del profesorado

Félez, Jesús

Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad Politécnica de Madrid

jesus.felez@upm.es

Resumen

El objetivo de esta ponencia es hacer un análisis de en qué medida se está considerando la innovación docente en la carrera del profesorado, analizando los distintos tipos de estímulos que recibe al respecto, qué relevancia comparativa tiene con respecto al otro parámetro también ineludible del profesor universitario como es la investigación, y qué acciones se podían seguir para conjugar todos estos temas.

Este trabajo presenta en primer lugar un análisis comparativo de cómo se está considerando la innovación educativa en las distintas dimensiones de la carrera profesional del profesorado universitario. Para ello se aporta información de cómo se está tratando este tema en las distintas agencias de calidad en España. También se indican algunas propuestas para potenciar la innovación educativa de cara a la promoción del profesorado universitario.

Palabras clave: Innovación docente, profesorado, evaluación del profesorado, promoción del profesorado.

1. Introducción

Según indica la LOMLOU [1] en su preámbulo, “las universidades deben perseguir una mejor formación de sus graduadas y graduados para que éstos sean capaces de adaptarse tanto a las demandas sociales, como a las demandas del sistema científico y tecnológico. También han de dar adecuada respuesta a las necesidades de formación a lo largo de toda la vida y abrirse a quienes, a cualquier edad, deseen acceder a su oferta cultural o educativa. Las universidades, además de un motor para el avance del conocimiento, deben ser un motor para el desarrollo social y económico del país”.

En su artículo primero, la LOMLOU dice que “la Universidad realiza el servicio público de la educación superior mediante la investigación, la docencia y el estudio”.

Por otra parte, la mencionada Ley en su “Artículo 33 De la función docente, dice que: 1 Las enseñanzas para el ejercicio de profesiones que requieren conocimientos científicos, técnicos o artísticos, y la transmisión de la cultura son misiones esenciales de la Universidad; 2 La docencia es un derecho y un deber de los profesores de las Universidades que ejercerán con

libertad de cátedra, sin más límites que los establecidos en la Constitución y en las leyes y los derivados de la organización de las enseñanzas en sus Universidades; 3 La actividad y la dedicación docente, así como la formación del personal docente de las Universidades, serán criterios relevantes, atendida su oportuna evaluación, para determinar su eficiencia en el desarrollo de su actividad profesional”.

El profesorado es uno de los actores fundamentales del sistema universitario. La referencia [2] indica uno de los nuevos roles del profesor universitario y “considera al docente universitario un mediador entre el conocimiento y el alumno, un facilitador del aprendizaje, un tutor, un organizador, un orientador y supervisor del trabajo y del aprendizaje discente, etc.”. También señala que “no bastará con poseer las competencias comunicativas, pedagógicas y curriculares específicas que atesora el profesorado actual, se deberá incidir y adecuar la formación para que este colectivo adquiera unas más amplias competencias profesionales pedagógicas básicas”.

La universidad de Deusto [3] indica varios aspectos fundamentales. Según su estrategia y su modelo educativo, la tradición y reconocimiento de la calidad docente en la Universidad se fundamenta en dos pilares: “Un modelo de formación propio que promueve la construcción de un aprendizaje profundo por parte del alumnado, basado en el desarrollo de valores y competencias para su inserción como ciudadanos y profesionales activos y responsables; y la convicción de que la formación y la docencia se fundamentan en la capacidad de la Universidad y sus docentes para aprender y transformarse innovando en sus métodos de enseñanza y evaluación, y en todos los procesos que les dan soporte”.

En este contexto, el cambio de modelo educativo experimentado en los últimos años ha ocasionado que se tengan que replantear las metodologías docentes utilizadas tradicionalmente, tomando gran relevancia lo que se ha venido a denominar “*innovación docente*”.

Conscientes de esta situación, se han venido tomando distintas iniciativas para potenciar este aspecto, no solamente como elemento completamente necesario, sino como un elemento habitual del día a día del profesorado. Y este aspecto afecta sin ningún tipo de duda al desarrollo profesional del profesorado.

El objetivo de esta ponencia es presentar un análisis de en qué medida se está considerando la innovación docente en la carrera del profesorado, analizando los distintos tipos de estímulos que recibe al respecto, qué relevancia comparativa tiene con respecto al otro parámetro también ineludible del profesor universitario como es la investigación, y qué acciones se podían seguir para conjugar todos estos temas.

Este trabajo presenta en primer lugar un análisis comparativo de cómo se está considerando la innovación educativa en las distintas dimensiones de la carrera profesional del profesorado universitario. Para ello se aporta información de cómo se está tratando este tema en las distintas agencias de calidad en España. También se indican algunas propuestas para potenciar la innovación educativa de cara a la promoción del profesorado universitario.

2. Programas relativos a profesorado en las distintas agencias de calidad universitaria

La LOMLOU en su artículo 31 establece que “la promoción y la garantía de la calidad de las Universidades españolas, en el ámbito nacional e internacional, es un fin esencial de la política universitaria y tiene como objetivos, entre otros, la mejora de la actividad docente e investigadora y de la gestión de las Universidades”. Para ello, se fija el “establecimiento de criterios comunes de garantía de calidad que faciliten la evaluación, la certificación y la acreditación de, entre otros, las actividades docentes, investigadoras y de gestión del profesorado universitario”. Estas actividades son en gran parte competencia de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación y de las distintas Agencias Autonómicas.

El sistema Universitario español contempla 11 Agencias de Calidad. Para cada una de ellas se incluyen a continuación las distintas actuaciones que contemplan en el ámbito de profesorado, y de qué manera se contemplan en ellos la innovación educativa. El objetivo es ver cómo se tiene en consideración, cómo se evalúa y qué importancia tiene la innovación educativa en la valoración de la actividad del profesorado universitario. En bastantes de ellas se ha incluido información completa de los criterios utilizados para considerar la innovación educativa con objeto de que pueda compararse con otras dimensiones paralelas consideradas en la evaluación del profesorado.

En términos generales, las distintas agencias desarrollan sus programas en dos dimensiones: acreditación de la actividad de cara a promoción y contratación de profesorado en sus distintas categorías, y en base a evaluación de méritos para complementos retributivos, aunque al final, los criterios últimos dependen de cada Universidad.

2.1. ANECA

La Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) [4] es un Organismo Autónomo, adscrito al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, que tiene como objetivo “contribuir a la mejora de la calidad del sistema de educación superior mediante la evaluación, certificación y acreditación de enseñanzas, profesorado e instituciones”. En el ámbito de profesorado tiene distintos programas:

2.1.1 ACADEMIA

Para la acreditación nacional de profesorado se dispone del programa ACADEMIA para el acceso a los cuerpos docentes universitarios. Está basado en cinco dimensiones: actividad investigadora, experiencia docente, transferencia y actividad profesional, formación y experiencia en gestión y administración.

Criterios utilizados

EXPERIENCIA INVESTIGADORA. Contempla las siguientes dimensiones:

“Calidad y difusión de resultados de la actividad investigadora: Publicaciones científicas, Libros y capítulos de libros, Creaciones artísticas y profesionales, Contribuciones a congresos,

conferencias científicas y seminarios, Otros méritos relacionados con la calidad y difusión de resultados de la actividad investigadora”.

“Calidad y número de proyectos y contratos de investigación: Participación en proyectos de investigación y/o en contratos de I+D, Otros méritos relacionados con la calidad y número de proyectos y contratos de investigación”.

“Movilidad del profesorado: Estancias en centros españoles y extranjeros, Otros méritos relacionados con la movilidad del profesorado”.

ACTIVIDAD DOCENTE. Contempla las siguientes dimensiones:

“Dedicación docente: Puestos docentes ocupados, Tesis doctorales dirigidas, Dirección de proyectos fin de carrera, tesinas, trabajo fin de máster, máster, DEA, etc., Otros méritos relacionados con la actividad docente”.

“Calidad de la actividad docente: Evaluaciones positivas de su actividad, Material docente original y publicaciones docentes, Participación en proyectos de innovación docente”.

“Calidad de la formación docente: Participación como ponente en congresos orientados a la formación docente universitaria, Participación como asistente en congresos orientados a la formación docente universitaria, Estancias en centros docentes”.

TRANSFERENCIA/ACTIVIDAD PROFESIONAL. Contempla las siguientes dimensiones:

“Calidad de la transferencia de los resultados: Patentes y productos con registro de propiedad intelectual, Transferencia de conocimiento al sector productivo, Contratos de transferencia o prestación de servicios profesionales con empresas, Administraciones públicas y otras instituciones suscritos al amparo del artículo 83 de la Ley orgánica 6/2001, de Universidades y Contratos Colaborativos”.

“Calidad y dedicación a actividades profesionales: Puestos ocupados y dedicación, Evaluaciones positivas de su actividad”.

FORMACIÓN ACADÉMICA. Contempla las siguientes dimensiones:

“Calidad de la formación predoctoral: Titulación universitaria, Becas, Tesis Doctoral, Otros títulos, Premios”.

“Calidad de la formación posdoctoral: Becas posdoctorales”.

EXPERIENCIA EN GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN EDUCATIVA. Contempla las siguientes dimensiones:

“Desempeño de cargos unipersonales en las universidades u organismos públicos de investigación durante al menos un año”.

“Desempeño de puestos en el entorno educativo, científico o tecnológico dentro de la Administración General del Estado o de las Comunidades Autónomas durante, al menos, un año”.

Baremaciones

A modo de ejemplo, se indican los baremos para Catedrático de Universidad.

INVESTIGACIÓN: Calificación A. Méritos obligatorios:

“Cuatro aportaciones que estime más relevantes. Deberá exponer evidencias de su impacto y mostrar su significación en el desarrollo de su trayectoria. La Comisión valorará en particular aquellas aportaciones vinculadas a proyectos de investigación y sus resultados”.

Arquitectura, Ingeniería Civil, Construcción y Urbanismo: “Deberán presentarse al menos 50 aportaciones. Al menos, 10 deben haberse publicado en los últimos doce años, o 6 de ellas en los últimos cinco años.”

Ingeniería Mecánica y de la Navegación: “Deberán presentarse al menos 50 aportaciones científicas relevantes, de las que al menos 34 deberán ser muy relevantes”.

Además, se considera:

“Tener reconocidos al menos 3 tramos de investigación evaluados por la CNEAI de acuerdo con el RD 1086/89, estando el último en vigor”.

“Acreditar, al menos, 10 publicaciones relevantes en colaboración con investigadores pertenecientes a centros de investigación extranjeros de reconocido prestigio”.

“Movilidad internacional postdoctoral (mínimo seis meses, o varias estancias con duración mínima de cuatro semanas, que acumuladas sumen seis o más meses), avalada por resultados. La mera estancia de investigación no será valorable. Se requieren indicios de calidad, en forma de publicaciones u otros, que confirmen que dicha estancia ha sido provechosa para la investigación”.

“Liderar redes internacionales de excelencia con una duración mínima acumulada de dos años”.

DOCENCIA: Calificación A. Méritos obligatorios:

“Al menos, 15 años de experiencia docente universitaria, con grado de doctor, a tiempo completo (o su equivalencia a tiempo parcial), en materias regladas y con evaluaciones positivas de la calidad de la docencia impartida y un total de aproximadamente 2.250 horas impartidas”.

“Dirección de 8 tesis doctorales en codirección, o de 4 tesis doctorales con dirección única. En todos los casos, deberán haberse generado aportaciones relevantes. Dirección de al menos 16 PFC, TFM o trabajos de DEA”.

“Autoría de material docente publicado en editoriales de prestigio. Se tendrá en cuenta el número de autores, la extensión de la obra, su ámbito de difusión y sus indicios de calidad”.

“Publicaciones docentes en revistas indexadas en el JCR o SJR”.

“IP en al menos 1 proyecto de innovación docente competitivo, con resultados contrastables”.

“Impartición de cursos por invitación, de grado, postgrado, tutoriales o seminarios, en centros de prestigio nacional o internacional distintos al de afiliación en el momento de impartirlos, con una duración mínima de, al menos, 10 horas.”

TRANSFERENCIA/ACTIVIDAD PROFESIONAL: Calificación A. Será necesario presentar aportaciones en al menos 3 apartados de transferencia o 3 méritos de actividad profesional.

“Liderazgo en proyectos de investigación competitivos nacionales e internacionales de conocimiento o de tecnología que impliquen transferencia a empresas”.

“Patentes nacionales o internacionales en explotación, concedidas mediante examen previo y/u otras formas equivalentes de protección de la propiedad industrial o intelectual para campos donde aquéllas no sean de aplicación, verificadas mediante contrato de compraventa o contrato de licencia. En menor medida se considerarán las patentes y otros productos registrados no explotados”.

“Liderazgo durante al menos 10 años de contratos relevantes con Administraciones públicas y otras instituciones o empresas suscritos al amparo del artículo 83 de la Ley orgánica 6/2001, de Universidades. Se valorará la cuantía del contrato, la duración y el número de investigadores implicados”.

“Creación de empresas de base tecnológica con actividad demostrable”

“Ejercicio profesional con una trayectoria relevante y de calidad contrastada con relación a las materias propias de la comisión, no simultánea a su actividad a tiempo completo a la universidad (mínimo 8 años)”.

La evaluación de los méritos da lugar a una calificación alfabética: A excepcional, B bueno, C compensable, D insuficiente.

En la acreditación para el Cuerpo de Catedráticos de Universidad no se toma en consideración la formación académica, y se obtiene una resolución positiva los solicitantes cuya evaluación obtenga, al menos, la combinación de calificaciones que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1. Niveles para acreditaciones a Catedrático de Universidad.

	Investigación	Docencia	Transferencia/ Act. Profes.	Gestión
Calif. mínima	B	B		
Calif. mínima	A	C		
Calif. mínima	B	C	B	
Calif. mínima	B	C		B
Calif. mínima	C	B	A	
Calif. mínima	C	B		A

2.1.2 Programa de Evaluación del Profesorado para la contratación

El Programa de Evaluación del Profesorado para la contratación (PEP) se utiliza para el acceso a las figuras de profesor universitario contratado (profesor contratado doctor, profesor ayudante doctor y profesor de universidad privada).

Profesor Contratado Doctor y Profesor de Universidad Privada

La evaluación está basada en cuatro dimensiones:

“Experiencia investigadora. La experiencia investigadora se valora hasta un máximo de 60 puntos sobre 100 y, por tanto, se considera el elemento prioritario en la evaluación para las

figuras de PCD y PUP. Se consideran los siguientes aspectos: Publicaciones científicas con proceso anónimo de revisión por pares y patentes internacionales en explotación, Libros y capítulos de libros, Proyectos de investigación obtenidos en convocatorias públicas y competitivas, en especial los financiados mediante programas nacionales, europeos u otros de ámbito internacional, y/o contratos de investigación de especial relevancia con la administración pública o con empresas, Otros resultados de la investigación, en especial los que produzcan transferencia tecnológica y contribuyan a la innovación del sector productivo, Dirección de tesis doctorales, Contribuciones presentadas en congresos, conferencias, seminarios u otros tipos de reuniones de relevancia científica”.

“Experiencia docente. Este apartado se valora hasta un máximo de 30 puntos sobre 100, teniendo en cuenta principalmente los siguientes méritos docentes: Amplitud, intensidad, grado de responsabilidad, ciclos y tipo de docencia en su ámbito disciplinar universitario en enseñanzas regladas y no regladas, Evaluaciones sobre la calidad de su docencia, Actuación como ponente en seminarios y cursos, y participación en congresos específicamente orientados a la formación para la actividad docente universitaria, Material docente y publicaciones relacionadas con la docencia. Del mismo modo se valora la participación en proyectos de innovación docente financiados en convocatorias públicas competitivas y la participación en planes y equipos de trabajo relacionados con el Espacio Europeo de Educación Superior.”

“Formación académica y experiencia profesional. Este apartado se valora hasta un máximo de 8 puntos sobre 100, teniendo en cuenta principalmente los siguientes méritos: Formación académica, Experiencia profesional, otros méritos”.

Profesor Ayudante Doctor

La evaluación está basada en varias dimensiones:

“Experiencia investigadora. Este apartado se valorará hasta un máximo de 60 puntos sobre 100, teniendo en cuenta principalmente los siguientes méritos investigadores: Publicaciones científicas con proceso anónimo de revisión por pares, Libros y capítulos de libros, Participación en proyectos de investigación obtenidos en convocatorias públicas y competitivas, en especial los financiados mediante programas nacionales, europeos u otros de ámbito internacional y/o contratos de investigación de especial relevancia con empresas o con la administración pública, Contribuciones presentadas en congresos, conferencias, seminarios u otros tipos de reuniones de relevancia científica”.

“Formación académica, experiencia docente y profesional. Este apartado se valora hasta un máximo de 35 puntos sobre 100, teniendo en cuenta principalmente los siguientes méritos: Formación académica, Estancias de carácter investigador y/o formativo en otros centros, Experiencia docente y Experiencia profesional. Se tienen en cuenta las evaluaciones que sobre la calidad de su docencia aporte el solicitante, así como la participación en proyectos de innovación docente, y en planes y equipos de trabajo relacionados con el Espacio Europeo de Educación Superior”.

2.1.3. CNEAI

Se se trata de una evaluación de la actividad investigadora con objeto de reconocer un complemento de productividad (sexenio). La evaluación hace referencia solamente a actividad investigadora. No se valoran méritos docentes. Como criterios generales, se consideran como méritos valorables:

“a) Las patentes en explotación, demostrada mediante contrato de compraventa o contrato de licencia, y las patentes concedidas por la Oficina Española de Patentes y Marcas mediante el sistema de examen previo. Se tendrá en cuenta la extensión de la protección de la patente (nacional, europea, internacional), valorándose más la de protección más extensa”.

“b) Los artículos publicados en revistas de reconocida valía, aceptándose como tales las que ocupen posiciones relevantes del listado correspondiente a su categoría científica en el «Journal Citation Reports (JCR) Science Edition». El JCR de referencia para la evaluación será el del año de publicación del artículo. Para artículos publicados en el año de la convocatoria será el último JCR publicado. Quedan excluidas de este punto aquellas aportaciones que, aunque estén publicadas en estos medios de reconocida valía no tengan una mínima extensión, como notas o discusiones de otros artículos. Las revistas electrónicas se considerarán cuando aparezcan indexadas en el JCR Science Edition”.

“c) Libros y capítulos de libro siempre que estén publicados en editoriales de reconocido prestigio, especialmente internacional, y con un procedimiento selectivo para la aceptación de originales (según sistemas reseñados en el Scholarly Publishers Indicators) Se tendrán en cuenta también el número y carácter de las citas recibidas, las reseñas y críticas en revistas especializadas, la colección, el prestigio de los editores, la traducción a otras lenguas, la inclusión en bibliografías académicas independientes del autor y su entorno, y en todo caso los criterios requeridos en el apéndice de esta Resolución. Quedan específicamente excluidas de este punto las comunicaciones a congresos publicadas en un libro de actas”.

“d) Los desarrollos tecnológicos importantes que involucren aspectos innovadores y estén reconocidos como tales por la comunidad científico-técnica”.

Conclusiones

Como aspecto diferencial, se contemplan expresamente los conceptos de Movilidad, internacionalización. Innovación educativa tiene un reconocimiento especial en el apartado de docencia, pero está segregado de investigación.

En la acreditación a cuerpos docentes, los apartados de innovación educativa están expresamente incluidos en el apartado de docencia, y no se incluyen dentro de investigación. El apartado de docencia calificado como B permite un apartado de investigación con B. Pero el apartado de docencia no alcanza nunca la calificación de A, como ocurre en las otras tres dimensiones. El peso de la innovación educativa tiene una importancia mucho menor que el de investigación.

2.2 AQU

La Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya, AQU Catalunya [5], tiene como objetivo “la evaluación, la acreditación y la certificación de la calidad en el ámbito de las universidades y de los centros de enseñanza superior de Catalunya (titulaciones, profesorado, centros y servicios)”. AQU cubre los dos tipos de programas: convocatorias de plazas de profesorado y complementos retributivos.

2.2.1 Figuras contractuales de profesorado

La LUC (Ley de Universidades de Cataluña) crea una nueva de contratación laboral del profesorado de las universidades públicas de Catalunya, que incluye las categorías de lector, profesor agregado y catedrático que tienen carácter indefinido.

Tiene las siguientes categorías:

2.2.1.1 Lector

“La figura de profesorado lector abre las puertas de la carrera académica a través de la vía contractual y permite acceder más adelante a categorías superiores con contrato indefinido (profesorado agregado y catedrático/a). El contrato es de carácter temporal y a tiempo completo. Su duración podrá variar entre un mínimo de un año y un máximo de cinco años, flexibles en casos de maternidad o paternidad y adopción o acogimiento, y con plena capacidad docente e investigadora. En cualquier caso, el tiempo total de duración conjunta del contrato de profesorado lector y ayudante, en la misma universidad o en una diferente, no podrá exceder los 8 años”.

Como criterios para Formación académica se usan los siguientes:

“En la formación predoctoral se tiene en cuenta el expediente académico, y es un mérito adicional el hecho de que el solicitante tenga más de una titulación. En la formación doctoral, se valora el centro en el que se ha realizado la formación, el hecho de haber disfrutado de una beca competitiva, la calificación de la tesis doctoral y las publicaciones que se han derivado de este trabajo de investigación. Se considera como mérito la realización de estancias de investigación predoctorales y posdoctorales en centros de reconocido prestigio. Estas estancias se valoran especialmente cuando hayan tenido una duración importante y hayan representado una aportación significativa a la formación o especialización del candidato”.

“Como criterios para Experiencia investigadora, se consideran como méritos: Publicaciones en revistas de reconocido prestigio internacional, Publicaciones en congresos, Libros o capítulos de libros, Patentes y modelos de utilidad en explotación, Obras artísticas premiadas o con valoraciones externas significativas, Participación en proyectos y contratos de investigación con financiación y Otros méritos, como por ejemplo premios y galardones, conferencias invitadas en congresos y centros universitarios u otros centros de investigación, cargos de responsabilidad, etc.”

Como criterios para Experiencia docente se consideran:

“Trayectoria docente universitaria. Se valora la experiencia docente universitaria reglada acreditada y, en particular, la publicación de materiales docentes, la definición de materias y la estructuración de estudios de grado, doctorado, posgrado y másteres. También se tienen en cuenta la dirección de proyectos y de trabajos finales de carrera y haber ostentado cargos de responsabilidad. Por otro lado, se considerarán los resultados de la evaluación docente según los procedimientos establecidos en los centros donde haya tenido lugar la actividad docente, los informes valorativos emitidos por profesionales de reconocido prestigio, etc.”

“Innovación docente y formación para la docencia. Se valoran las aportaciones del candidato en proyectos y otras actividades de innovación docente o en actividades institucionales de mejora de la docencia. También se tienen en cuenta otros méritos, como los premios o galardones a la actividad docente”.

La ponderación de los diferentes apartados es: “Formación académica 15%, Experiencia investigadora 65% y Experiencia docente 20%”.

2.2.1.2 Agregado y Catedrático

Las categorías contractuales de profesor o profesora agregado/da y de catedrático/a tienen carácter indefinido.

Como criterios en la emisión de las acreditaciones de investigación avanzada se consideran: “la temporalidad de la tarea científica desarrollada y, en particular, la trayectoria de los últimos años. Los apartados y los criterios de evaluación son los siguientes: Publicaciones y transferencia de los resultados de investigación 70%, Proyectos 15% (proyectos de investigación financiados en convocatorias competitivas, tanto de las administraciones públicas (Internacionales, europeas, estatales y autonómicas) como del sector privado), Actividad formativa 10% (capacidad del investigador de formar un grupo o núcleo de investigación y de contribuir activamente a la formación de investigadores) y Otros méritos 5% (premios y galardones a la investigación, tramos de investigación reconocidos, participación como conferenciantes invitados en congresos o universidades, estancias de investigación, cargos de responsabilidad científica, etc”.

2.2.2 Complementos retributivos

“La LUC y el Decreto 405/2006, de 24 de octubre regulan y establecen las retribuciones adicionales por méritos docentes, de investigación y de gestión para el personal docente e investigador funcionario y contratado de las universidades públicas catalanas, en el marco de las disponibilidades presupuestarias. Estos complementos se concretan en una cuantía anual individual y consolidable que asigna el consejo social de cada universidad, a propuesta del respectivo consejo de gobierno, y previa evaluación favorable de AQU Catalunya”.

“Los méritos de investigación se evalúan por tramos, cada uno de los cuales ha de estar formado por seis años de investigación. Para la evaluación de la actividad docente se aplica el modelo que recogen los Manuales de evaluación docente de las universidades públicas catalanas, certificados por AQU Catalunya. Para la evaluación de la gestión se asignan puntos en función de los cargos ejercidos. Según la puntuación conseguida, los solicitantes se sitúan en uno de los cuatro tramos previstos, cada uno de los cuales está asociado a una retribución

económica. AQU certifica los informes de evaluación de los méritos docentes y de gestión del profesorado que realizan las universidades”.

2.2.3 Conclusiones

En el apartado de figuras de contratación de profesorado, solamente se tiene en cuenta los aspectos de innovación docente en la figura de Lector, con un peso del 20%. En las figuras de agregado y Catedrático solamente se consideran méritos de investigación avanzada. La evaluación de los méritos docentes depende de cada Universidad. En los complementos retributivos, se contemplan méritos de docencia, investigación y gestión.

2.3 UNIBASQ

La Agencia de Calidad del Sistema Universitario Vasco, UNIBASQ [6], es un “ente público de derecho privado adscrito al departamento del Gobierno Vasco competente en materia de universidades, que tiene como objeto la evaluación, acreditación y la certificación de la calidad en el ámbito del sistema universitario vasco”.

2.3.1 Programa de Acreditación del PDI

Contempla las figuras de profesorado siguientes: Pleno, Agregado, Adjunto y Dr. de Universidad Privada

Criterios

Se contemplan los siguientes criterios:

- 1.- FORMACIÓN ACADÉMICA E INVESTIGADORA. “Incluye: Formación académica universitaria, Becas, contratos y estancias de investigación”
- 2.- ACTIVIDAD INVESTIGADORA Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO. “Incluye: patentes y publicaciones científicas, Actividades colectivas de investigación y de transferencia del conocimiento: proyectos, contratos, grupos y redes de investigación, Congresos, Dirección de tesis doctorales”
- 3.- ACTIVIDAD DOCENTE Y EXPERIENCIA PROFESIONAL. Incluye: Actividad Docente (Experiencia docente universitaria favorablemente valorada por la Institución. – Evaluaciones sobre la calidad de su docencia que aporte el solicitante. – Experiencia docente universitaria de postgrado (curso de formación especializada, master y doctorado). – Dirección de Tesinas, DEA, proyectos fin de carrera, trabajos de fin de grado y de master. – Publicaciones de carácter docente con ISBN publicadas en editoriales de prestigio. – Coordinación o participación en Proyectos de innovación docente y Proyectos de adecuación al Espacio Europeo de Educación Superior. – Experiencia docente no universitaria), y Experiencia Profesional, que contempla experiencia profesional relacionada con el área acreditada mediante licencia fiscal o contrato laboral y Participación en actividades de emprendimiento”.

4.- ACTIVIDADES DE GESTIÓN. “Incluye el desempeño de cargos de gestión unipersonal en las universidades, participación en comisiones institucionales de las universidades y los servicios en la Administración pública”.

Estos criterios se bareman para cada categoría de profesorado según la tabla 2.

Tabla 2. Criterios de baremación de UNIBASQ.

FIGURA PROFESORADO	FORMACIÓN ACADÉMICA E INVESTIGADORA	ACTIVIDAD INVESTIGADORA Y TRANSFERENCIA CONOCIMIENTO	ACTIVIDAD DOCENTE Y EXPERIENCIA PROFESIONAL	ACTIVIDADES DE GESTIÓN
PLENO >=80		Hasta 70 y >=50	Hasta 35 y >=25	Hasta 5
AGREGADO >=65	Hasta 10	Hasta 65 y >=35	Hasta 30 y >=10	Hasta 5
ADJUNTO >=55	Hasta 15	Hasta 65 y >=25	Hasta 25	Hasta 5
Dr. U. PRIV.>=60	Hasta 15	Hasta 60 y >=25	Hasta 30 y >=20	Hasta 5

2.3.2 Complementos Retributivos

El objeto de este programa es evaluar el personal docente e investigador de la UPV/EHU para obtener complementos retributivos autonómicos.

El Programa de evaluación de complementos del personal docente e investigador que desarrolla Unibasq, afecta a “la evaluación de la actividad investigadora, transferencia del conocimiento y de divulgación, así como de la docencia y la gestión para la concesión de complementos retributivos individuales al personal docente e investigador de la Universidad del País Vasco”.

Se evalúa “Investigación, transferencia del conocimiento y divulgación científica (máx. 23 puntos), Docencia (máx. 20 puntos) y Gestión (máx. 9 puntos)”.

Como criterios de Investigación, transferencia del conocimiento y divulgación científica se consideran: “Investigación: Publicaciones, Participación activa en grupos, redes y proyectos de investigación, Participación en congresos y otros méritos), y como Transferencia del conocimiento y divulgación científica: Formación de personas y actividades de emprendimiento, Transferencia del conocimiento propio, Transferencia con captación de recursos económicos externos, Transferencia con especial repercusión social, Publicaciones divulgativas, Actividades de divulgación y difusión de la investigación en medios de comunicación audiovisuales, Divulgación a través de redes sociales”.

Como criterios en el apartado de docencia se incluyen: “Evaluación de Docentiaz o evaluación en Evaluación alternativa a Docentiaz, incluyendo entonces: Internacionalización, metodologías e innovación docente, Resultados de aprendizaje. También se incluye en este criterio Dirección de tesis doctorales”.

Por último, en el apartado de gestión se incluye desempeño de cargos académicos de gestión unipersonal, cargos en la Administración Pública en situación de servicios especiales y otras actividades de Gestión.

2.3.3 Conclusiones

La forma en que el sistema universitario vasco evalúa al profesorado es muy similar en los apartados de contratación o de complementos retributivos. Considera en todos los casos las tres dimensiones del profesorado universitario: docencia, investigación y gestión.

Aunque siempre se asigna más peso a la investigación, el peso de la docencia es representativo en todos los casos. El apartado de innovación educativa se contemple expresamente dentro del apartado de docencia.

Es de destacar que, en el apartado de investigación, se hace mención expresa y se distingue el concepto de Transferencia del conocimiento y divulgación científica.

2.4 ACC

La Agencia Andaluza del Conocimiento (AAC) [7] tiene entre sus funciones el fomento de la calidad de la docencia de profesores y universidades andaluzas, evaluación y acreditación de las instituciones universitarias y de la actividad investigadora.

Tiene un programa para acreditación para las figuras contractuales de Profesorado Universitario. También gestiona la convocatoria para la evaluación de la actividad docente, investigadora y de gestión del personal docente e investigador de las Universidades Públicas de Andalucía. Los criterios de evaluación son antiguos (del 2003).

En su página web aparece un enlace a Innovación Docente en Universidades Andaluzas que a su vez redirige a las distintas iniciativas y programas de innovación educativa que tiene cada universidad andaluza. La información de cada universidad es bastante diversa y dispar.

2.5 ACSUG

La Axencia para a Calidade do Sistema Universitario de Galicia (ACSUG) [8] también incluye programas de evaluación de profesorado.

Para la evaluación previa a la contratación como profesorado contratado doctor, ayudante doctor y de universidad privada, los baremos utilizados consideran la elaboración de material docente (manuales, unidades didácticas, libros de ejercicios, etc) y proyectos de innovación docente y empleo de nuevas tecnologías con una baremación relativamente baja (hasta 5 puntos sobre 40). El peso de la actividad docente frente a la investigación es sensiblemente inferior.

También gestiona el informe para valoración previa a la asignación de los complementos retributivos adicionales del personal docente e investigador de las universidades públicas gallegas. Contempla tres tipos de complementos: “Complemento retributivo de reconocimiento a la labor docente y/o a la labor investigadora, Complemento retributivo de reconocimiento a la excelencia curricular docente e investigadora y Complemento retributivo de reconocimiento por los cargos de gestión”.

Es de señalar el Complemento retributivo de “reconocimiento a la excelencia curricular docente e investigadora. Se contempla en uno de los apartados la participación en actividades

de innovación docente, incluyendo: Proyectos competitivos de innovación docente, donde se considerarán los proyectos de convocatorias publicas específicas para innovación docente y que no correspondan a convocatorias generales de áreas relacionadas con la educación, pedagogía y demás áreas específicas del solicitante y la participación en Grupos de innovación docente, etc. de relevancia docente”.

2.6 ACPUA

La Agencia de Calidad y Prospectiva Universitaria de Aragón (ACPUA) [9], es la agencia de evaluación de la enseñanza superior de la Comunidad Autónoma de Aragón.

En la Comunidad Autónoma de Aragón, “la Ley 5/2005, de 14 de junio, de Ordenación del Sistema Universitario de Aragón determina que el establecimiento de los criterios y la evaluación de las solicitudes de los docentes, investigadores y gestores de la Universidad de Zaragoza conducentes a la obtención de los complementos retributivos adicionales será competencia de ACPUA”.

El mérito docente se acreditará por una de estas dos vías: a través de la obtención de una evaluación favorable, destacada o muy destacada en el programa Docentia o a través de la acreditación de, al menos, dos méritos pertenecientes a categorías distintas de entre: evaluación de la docencia, actividades de evaluación, actividades de posgrado, participación en acciones de innovación durante tres cursos académicos, participación en acciones de internacionalización en tres cursos académicos, participación en actividades de formación y planificación o alta intensidad en su dedicación docente o elaboración de material docente.

ACPUA no disponen de programas para informes de acreditación de profesorado de cara a su contratación.

2.7 Fundación para el Conocimiento madri+d

La Fundación para el Conocimiento madri+d [10] tiene objetivos fundamentales “contribuir a hacer de la calidad de la educación superior, la ciencia, la tecnología y la innovación un elemento clave de la competitividad y el bienestar de los ciudadanos.”

El área de Evaluación, Certificación y Acreditación de la Calidad de la Enseñanza Superior se ocupa del “desarrollo de metodologías de los procesos de evaluación de méritos del profesorado universitario, tanto para la evaluación del profesorado para la contratación, como para el establecimiento del complemento adicional por méritos docentes, de investigación y de gestión”.

Dispone de un programa de Evaluación del profesorado para Profesor Contratado Doctor, Profesor Ayudante Doctor y Profesor de las universidades privadas. Este procedimiento en la actualidad no tiene convocatoria abierta.

2.8 ACSUCYL

La Agencia para la Calidad del Sistema Universitario de Castilla y León (ACSUCYL) [11] es el órgano de evaluación externa del sistema universitario de Castilla y León.

Dispone de varios programas de evaluación del profesorado universitario. En primer lugar, evaluación de méritos para contratación de las figuras de profesor Contratado Doctor, profesor Ayudante Doctor y profesorado doctor de las Universidades Privadas. Los aspectos de innovación educativa se considera en el apartado de actividad docente, son “Proyectos de innovación docente, donde se valora la participación en proyectos de innovación docente (dentro y fuera del ámbito universitario) financiados en convocatorias públicas competitivas y la participación en planes y equipos de trabajo relacionados con el Espacio Europeo de Educación Superior, teniendo en cuenta el carácter del proyecto (europeo, nacional, regional o de la propia institución), así como la actividad del solicitante (dirección, participación, etc.)”.

Dispone también de un programa de evaluación de méritos académicos de profesorado al que solamente se ha acogido la Universidad de Salamanca y está orientado hacia investigación.

2.9 AVAP

La Agència Valenciana d’Avaluació i Prospectiva (AVAP) [12] desarrolla distintas actividades de evaluación del profesorado universitario: “la previa evaluación de la actividad para la contratación de las figuras de profesorado contratado en que proceda, la previa valoración de los méritos individuales docentes, investigadores y de gestión del profesorado, ligados a la asignación singular e individual de los complementos retributivos adicionales que se establezcan; y la evaluación de la actividad investigadora del profesorado contratado de las universidades valencianas”. No se ha localizado información específica de los criterios utilizados.

2.10 ACCUEE

La Agencia Canaria de Calidad Universitaria y Evaluación Educativa (ACCUEE) [13] dispone también de varios programas.

El programa de Acreditación para contratación de profesorado por las universidades públicas canarias contempla los aspectos de innovación docente en los baremos dentro del apartado de docencia (utilización de nuevas tecnologías en la docencia y participación en proyectos de innovación). Su peso es bajo (0,5 puntos/ítem frente a 2-3 puntos/ítem por dirección de trabajos/proyectos fin de carrera).

También tiene un programa para valoración de los méritos previa a la asignación de los complementos retributivos.

2.11 AQUIB

L’Agència de Qualitat Universitària de les Illes Balears (AQUIB) [14], entre sus actividades en el ámbito de profesorado están: “la acreditación y la evaluación previa del personal docente e

investigador contratado en el marco del sistema universitario de las Illes Balears, la valoración de los méritos del personal docente e investigador funcionario y contratado en el marco del sistema universitario de las Illes Balears para poder percibir complementos retributivos y el programa de Apoyo a la Evaluación de la Actividad Docente (DOCENTIA)”.

El primero cubre las diversas figuras de profesorado contratado doctor y profesorado ayudante doctor. La innovación educativa se valora dentro del apartado de experiencia e innovación docente, en el subapartado de “Material, publicaciones y proyectos de innovación docente. Este apartado se valora hasta un máximo de 5 puntos sobre 100 (datos de la figura de Contratado Doctor). Se tiene en cuenta fundamentalmente el material docente original desarrollado por la persona solicitante, en cualquier soporte, así como las publicaciones (libros y artículos) relacionadas con la docencia, y se valora especialmente el carácter innovador. De la misma manera, se valora la participación en proyectos de innovación docente financiados en convocatorias públicas competitivas y la participación en planes y equipos de trabajo relacionados con el Espacio Europeo de Educación Superior”.

También participa en los informes para complementos retributivos. “Los complementos retributivos que pueden percibirse son: complemento retributivo de estímulo y reconocimiento de la docencia y la formación permanente, complemento retributivo de estímulo y reconocimiento de la actividad investigadora y complemento retributivo de estímulo y reconocimiento de la excelencia investigadora y la transferencia de conocimiento”.

Los méritos contemplan la participación en programas de innovación docente y de atención a los alumnos incluyendo: “Dirección de proyectos de innovación pedagógica documentados (1 punto por proyecto); participación en proyectos de innovación pedagógica documentados (0,5 puntos por proyecto); tutela de alumnos colaboradores (0,5 puntos por estudiante y año académico); tutela de alumnos participantes en concursos o competiciones (0,5 puntos por estudiante y concurso o competición); coordinación de materias de las pruebas de acceso en la universidad o de pruebas equivalentes (0,5 puntos por materia y año académico, con un máximo de 2 puntos por este concepto); participación en actividades de promoción y difusión de los estudios y de inserción laboral (0,5 puntos por actividad y año académico); coordinación de asignaturas o módulos de grado, siempre que implique un mínimo de dos profesores (:coordinación de 2 o 3 grupos: 0,5 puntos por asignatura y curso académico; coordinación de 4 grupos o más: 1 punto por asignatura y curso académico, máximo: 2 puntos por este concepto); participación como miembro en tribunales de trabajos de fin de grado o trabajos de fin de master 0,2 puntos por cada 6 créditos de TFG y/o TFM, con un máximo de 2 puntos por este concepto)”.

3. El programa DOCENTIA

Según se ha visto en la sección anterior, una forma muy utilizada de evaluar la actividad docente es el programa DOCENTIA o sus variantes. Según indica ANECA “En el actual ordenamiento del sistema universitario español la garantía de la capacitación y competencia del profesorado descansa en las universidades y, en consecuencia, deben desarrollar procedimientos para la valoración de su desempeño, así como para su formación y estímulo, garantizando su cualificación y competencia docente”.

Para favorecer esta evaluación de la docencia, “ANECA puso en marcha en 2007, en estrecha coordinación con las agencias de evaluación autonómicas, el Programa de Apoyo a la Evaluación de la Actividad Docente del Profesorado Universitario (DOCENTIA) [15], con el objeto de apoyar a las universidades en el diseño de mecanismos propios para gestionar la calidad de la actividad docente del profesorado universitario y favorecer su desarrollo y reconocimiento”. En este momento, más del 90% de las universidades participan en este programa, en una u otra fase.

El Programa DOCENTIA “toma como referencia las recomendaciones para la Garantía de Calidad en las instituciones de Educación Superior elaboradas por la European Association for Quality Assurance in Higher Education (ENQA) en su documento Criterios y Directrices para la Garantía de Calidad en el Espacio Europeo de Educación Superior. Asimismo, en el diseño del programa se tuvo en cuenta los estándares establecidos por organizaciones internacionalmente reconocidas en materia de evaluación del personal, como The Personnel Evaluation Standards, elaborados por el The Joint Committee of Standards for Educational Evaluation”.

Entre dichos criterios destaca el “1.5. Personal Docente, que establece que las instituciones deben dotarse de medios para garantizar que su personal docente está cualificado, así como aplicar procesos justos y transparentes para su contratación y desarrollo profesional. Por lo que es fundamental garantizar que el profesorado tenga: Conocimiento y comprensión completos de la materia que enseñan, Conocimiento de métodos de aprendizaje y de evaluación, Habilidades y experiencia para transmitir el conocimiento, Capacidad para atender a la diversidad de estudiantes permitiendo vías de aprendizaje flexibles, usando de manera flexible métodos de aprendizaje variados, etc., y Retroalimentación de su actuación”.

Por lo tanto, la innovación docente es una dimensión clara que se tiene en el programa DOCENTIA.

El nivel de implantación de DOCENTIA en las distintas universidades es variado, pero en muchas de ellas es tenido en cuenta como elemento clave en la asignación de complementos salariales, así como en los criterios de promoción de profesorado.

4. Análisis y estrategias

Según se desprende de la sección anterior, la docencia siempre se considera dentro de los sistemas de promoción e incentivos para el profesorado universitario. Sin embargo, el peso respecto a la investigación es mucho menor.

Esto es un hecho claro. La propia ley universitaria, en su artículo 1 indica que la función de la universidad es crear conocimiento (investigación) Y transmitirlo (docencia). Y es crear y transmitir y no crear o transmitir.

En este sentido, volcar toda la actividad, o la mayor parte de ella, en la dimensión de la docencia es una estrategia con muy pocas probabilidades de éxito para progresar en la carrera universitaria, en todos sus estadios. Los datos son claros y hablan por sí solos.

Por lo tanto, quiero resaltar en primer lugar que la investigación es completamente necesaria para el profesor universitario. Sí o Sí, sin ningún tipo de duda.

Pero dicho esto, también es justo decir que el peso que se da a la docencia frente a la investigación es injusto y minusvalorado. Si se observan los distintos criterios utilizados en los distintos baremos, la docencia siempre tiene menos valoración que la investigación. Únicamente en el caso del País Vasco, la docencia tiene un peso que se aproxima ligeramente a la investigación, pero en el resto de agencias y comunidades autónomas, la tendencia es clara hacia investigación.

Hay tal vez un hecho que lo pueda explicar. De cara a una evaluación de méritos, los estándares de medición están mucho más claros y consensuados en investigación que en docencia. Por ejemplo, todos tenemos claro estándares de calidad en investigación: publicaciones de impacto, presupuesto de proyectos, patentes, etc. Y en general son “fácilmente” objetivables, aunque también muy discutidos y polémicos, pero al final, objetivables.

Sin embargo, ¿cómo se mide la docencia? Si se observan los criterios utilizados en los distintos baremos, se ve una tendencia clara a la cantidad (número de créditos impartidos, número de asignaturas, número de trabajos fin de grado, o master, etc), y muy pocos criterios apuntan a la calidad. Particularmente llamativo es que, en uno de los baremos analizados, la dirección de un trabajo fin de grado tiene más importancia que un proyecto de innovación educativa.

Tres ideas podrían ser:

4.1 Medición de la calidad de la docencia

En este sentido, creo que queda mucho por hacer, pero en mi opinión, la clave está en objetivar la calidad de la docencia. Hasta hace muy poco, el complemento docente, los conocidos “quinquenios” se concedían sin casi ninguna exigencia de resultados por parte del profesor. El tratamiento era totalmente paralelo a los trienios de antigüedad. Y totalmente diferente al exigido para la evaluación de la actividad investigadora, mucho más estricto y exigente a través de los “sexenios”.

El programa DOCENTIA va en esta línea y debería ser la solución, pero, aunque ANECA indica que ya lo tienen más del 90% de las universidades, el nivel de aplicación y repercusión del mismo no alcanza ni con mucho ese porcentaje. Es to al final depende de cada Universidad, pero es también responsabilidad nuestra como profesores preocupados por este problema, el impulsar que se implante definitivamente este sistema de evaluación.

4.2 Dar a la docencia un tratamiento “paralelo” a la investigación

Lo mismo que en investigación se publican resultados para demostrar la calidad de la investigación, en docencia se debería hacer igual. Es necesario publicar resultados de innovación docente.

Y aquí también hay que seguir los pasos de investigación. El método científico es “una metodología para obtener nuevos conocimientos, que ha caracterizado históricamente a la ciencia, y que consiste en la observación sistemática, medición, experimentación, y la formulación, análisis y modificación de hipótesis”.

Hagamos una reflexión. ¿Cuántas veces hemos presentado trabajos de innovación docente donde se presentaban ideas muy buenas con nuevas metodologías? La experiencia y asistencia a congresos de este tipo a lo largo de muchos años dicen que hay muchas y muy buenas. Pero vayamos más allá: ¿cuántos de esos trabajos incluían resultados, mediciones y contrastación de los resultados de aprendizaje comparándolo con lo anterior?, ... ¿y cuántos incluyen el tiempo que es necesario dedicar a ese tipo de docencia frente a la docencia clásica (p.e clase magistral)?

Existen revistas de alto impacto en el ámbito específico de ingeniería donde se puede publicar resultados de innovación docente, pero si revisamos las publicaciones allí aceptadas, todas incluyen estos análisis. En resumen, aplicar el método científico.

4.3 Influir sobre las autoridades académicas donde corresponda

Pero todo esto queda en saco roto si no se contempla en los criterios de evaluación de la actividad del profesorado. Es necesario hacer una labor de convencimiento a las autoridades académicas para que den a la docencia el peso y reconocimiento que se merece, pero la clave está en que se haga en igualdad de medios, rigurosidad y exigencia que la investigación.

5. Conclusiones

En esta ponencia he intentado dar mi visión y aportar opiniones sobre el impacto de la innovación docente en la carrera profesional del profesor universitario. El panorama a día de hoy tiene mucho margen de mejora. Es un hecho claro que la investigación tiene un peso mucho mayor que la docencia. El reto está en poner en valor la docencia y situarla al nivel de reconocimiento de la investigación. Para ello, y a modo de conclusión, mi opinión es que, si se quiere conseguir este objetivo, se debe ir en la línea de medir la docencia con unos parámetros objetivos, lo más similares posibles a la investigación. La tendencia es buena en este momento. La aplicación de Docencia debe impulsarse hasta sus últimos extremos y la innovación educativa se debe difundir de forma similar a lo que se hace en la investigación. El camino para andar en esta dirección es aún mucho, pero “el camino se hace al andar”.

Referencias

1. LOMLOU: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-7786>
2. Carmen Ruiz Bueno, Oscar Mas Torelló, José Tejada Fernández, Antonio Navio, “Funciones y escenarios de actuación del profesor universitario. Apuntes para la definición del perfil basado en competencias”, Revista de la Educación Superior, Vol. XXXVII (2), No. 146, Abril-Junio de 2008, pp. 115-132. ISSN: 0185-2760
3. <https://www.deusto.es/cs/Satellite/deusto/es/universidad-deusto/sobre-deusto-0/formacion-y-valores/innovacion-docente/modelo-deusto-de-formacion>
4. ANECA: <http://www.aneca.es/>
5. AQU Profesorado: <http://www.aqu.cat/professorat/indexes.html#XPFWN3tS8UQ>

6. UNIBASQ Profesorado. <https://www.unibasq.eus/es/presentacion/>
7. ACC DEVA: <http://deva.aac.es/>
8. ACSUG: <http://www.acsug.es/es/acsug>
9. ACAPUA: <http://acpua.aragon.es/es/agencia-de-calidad-y-prospectiva-universitaria-de-aragon>
10. Madrid I+D: <https://www.madrimasd.org/universidades/evaluacion-acreditacion-verificacion/evaluacion-profesorado>
11. ACSUCYL: <https://www.acsucyl.es/web/es/agencia-para-calidad-sistema-universitario.html>
12. AVAP: <https://avap.es/>
13. ACCUEE: <http://www.gobiernodecanarias.org/accuee/>
14. AQUIB: <http://www.aquib.org/cas/aquib/>
15. DOCENTIA: <http://www.aneca.es/Programas-de-evaluacion/Evaluacion-institucional/DOCENTIA>

CAPÍTULO IV

COMPETENCIAS Y HABILIDADES GRÁFICAS DEL INGENIERO

Sanz-Adán, F.¹; Santamaría-Peña, J.¹, Gómez-Jáuregui, V.², Manchado, C.², Minguez, R.³

¹ SIMonE. Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de La Rioja

² EGICAD. Dpto. Ing. Geográfica y Técnicas de Expresión Gráfica. Universidad de Cantabria

³ Dpto Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería. Universidad del País Vasco

* felix.sanz@unirioja.es

1. Contexto

El ingeniero en sus distintas ramas debe ser capaz de plantear, diseñar y fabricar productos útiles. Una vez planteadas las necesidades que dicho producto debe satisfacer, el ingeniero debe buscar la solución óptima basándose en su imaginación, inteligencia, conocimientos tecnológicos y habilidades profesionales. Esta solución deberá ser planteada y comunicada primero a él mismo (proceso conceptual) y después a todos los miembros que participarán del producto (mercadotecnia, dirección, cálculo, fabricación, distribución, venta, cliente y usuario final).

La forma más eficiente de transmitir sus ideas sobre sus desarrollos tecnológicos es a través de gráficos e imágenes; si éstos son regulados por unas normas técnicas nacionales o internacionales constituyen un lenguaje que denominamos “Ingeniería Gráfica”.

Mediante la utilización de este lenguaje (el más conciso, preciso y universal que existe), el ingeniero se asegura que todos sus interlocutores puedan comprender su idea y que el producto sea fabricado de acuerdo con sus especificaciones, plasmadas en el documento “Planos” del “Proyecto Técnico”, el cual constituye, junto con el “Pliego de Condiciones Generales y Particulares”, obligación técnica, contractual y jurídica.

La enseñanza estructurada de las técnicas de representación gráfica garantiza un dominio de la “Mano alzada en el plano”, del trazado de figuras geométricas de aplicación técnica, de la presentación exacta de la topología, geometría y dimensiones de un artefacto (funcionamiento, componentes, montaje, desmontaje, fabricación y verificación).

En la última década del siglo XX se generalizó el empleo del “Diseño Asistido por Ordenador” permitiendo optimizar la productividad del diseño y de la fabricación de nuevos artefactos (empleando menos tiempo en las tareas repetitivas y de delineación, dedicando más tiempo a tareas innovadoras y creativas, es decir a diseñar y fabricar productos con formas más complejas y precisas).

En la fase de industrialización (previa a la fabricación en serie) se realizan ensayos con modelos para verificar que el producto cumple todas las especificaciones de diseño (el proyecto técnico) y que desarrolla satisfactoriamente las funciones perseguidas. Hasta finales del siglo XX muchos de estos ensayos se desarrollaban sobre prototipos del diseño original. Actualmente, las herramientas de modelización vectorial son una alternativa a muchos de estos ensayos.

En el siglo XXI, el proceso de mejora continua de la competitividad empresarial fuerza la búsqueda de nuevos métodos gráficos, que permitan optimizar las mejores técnicas y tecnologías disponibles para el diseño y desarrollo de productos que permitan acortar el tiempo de lanzamiento, disminuir su coste y maximizar el valor añadido que aportan al cliente, sin renunciar a que el producto obtenido a lo largo de todo su ciclo de vida (desde la extracción de los recursos necesarios para obtenerlo hasta su valorización tras su deshecho) sea social y ambientalmente sustentable. En este proceso desempeña una labor imprescindible la modelización del producto y la presentación gráfica y virtual, en las distintas etapas del diseño, a quienes tienen que tomar la decisión de seguir adelante con el proceso, hasta su llegada al cliente final.

IV.1. Aprendizaje y Enseñanza de Ingeniería Gráfica en la España en el Siglo XXI

1. Objetivos

La evolución de las tecnologías infográficas en estos casi 30 años ha cambiado radicalmente el instrumental de dibujo y diseño, así como la capacidad de abordar con mayor eficiencia la representación gráfica de objetos con una topología mucho más compleja.

La necesidad de dicha representación en las fases de diseño, cálculo y construcción sigue siendo una parte fundamental e imprescindible.

Es una constante en todos los congresos que celebramos anualmente, y en todas las comisiones de concurso a plazas de los cuerpos universitarios, la insatisfacción, dudas y dispersión de criterios sobre cómo adaptar la enseñanza/aprendizaje a las nuevas tecnologías infográficas y a las necesidades de los empleadores de nuestros alumnos.

Por todo lo expuesto, urge reorientar los caminos de la enseñanza/aprendizaje para acometer satisfactoriamente la docencia universitaria de Ingeniería Gráfica en el futuro inmediato.

Para lograrlo es imprescindible contar con la voluntad de todos los profesores y con su experiencia como alumno, profesor y profesional externo.

En el 29 Congreso Ingegraf-Logroño2019, se expusieron y debatieron en 4 mesas redondas:

- Distintas experiencias metodológicas docentes aplicadas a la Ingeniería Gráfica.
- La docencia relacionada con los gráficos en Ingeniería en las Universidades en otros Estados.
- La innovación en la carrera docente.
- Los resultados de la encuesta enviada a los profesores del área de Expresión Gráfica para conocer el ALINEAMIENTO DE LA ENSEÑANZA/APRENDIZAJE de las asignaturas asignadas al área de Expresión Gráfica en la Ingeniería, CON EL DESEMPEÑO DE LA PROFESIÓN DE INGENIERO, en sus distintas ramas.

Estos debates se complementaron con una encuesta dirigida a ingenieros en el ejercicio de la profesión y a profesores de las escuelas de ingeniería de España.

2. Metodología

La encuesta contiene una serie de preguntas sobre habilidades, capacidades y destrezas gráficas (Tabla 1), sobre contenidos (Tabla 2 y Tabla 3) y sobre metodologías de enseñanza/aprendizaje empleadas (Tabla 4).

La encuesta se realizó a profesores de universidades españolas pertenecientes al Área de conocimiento Expresión Gráfica en la Ingeniería (en adelante EGI)

El número total de créditos y las asignaturas coinciden con el Plan de Estudios de la Escuela en la que imparte docencia el encuestado, mientras que el resto de preguntas corresponden a la opinión del encuestado.

2.1. Habilidades y destrezas gráficas

La Tabla 1, muestra las habilidades y destrezas gráficas que debe tener un ingeniero para la presentación de un producto y, si procede, su posterior fabricación. Calificar de 0 a 3 (emplear una tabla para cada titulación):

- Su importancia para el desempeño de la profesión de ingeniero (columna 1.1.)
- El nivel que adquirió Vd. cuando estudió Ingeniería (columna 1.2).
- El nivel que adquieren los alumnos de sus Centro al completar todas las asignaturas adscritas a “Expresión Gráfica en la Ingeniería” (columna 1.3).

Tabla 1. Encuesta sobre habilidades y destrezas específicas.

1.- HABILIDADES y DESTREZAS específicas	1.1	1.2	1.3
Saber expresar sus ideas gráficamente			
Visión espacial (imaginar el objeto en 3D, a partir de sus proyecciones en 2D)			
Representar gráficamente un producto			
Manejar con soltura Programas Infográficos de Diseño por Ordenador			
Creatividad e Innovación en el diseño de productos			
Redactar el documento “Planos” de un Proyecto Técnico			
Otra (Tantas como proceda)			
Especialidad suya (de quien cumplimenta la encuesta):			
Año aproximado en que Vd. obtuvo el título:			
Si tiene experiencia profesional diferente a la docencia+I+D, indique el sector:			
OBSERVACIONES:			

2.2 Contenidos genéricos relacionados con la Ingeniería Gráfica

La Tabla 2 muestra los contenidos relacionados con la Ingeniería Gráfica tradicional y con la contemporánea, distribuida en 8 módulos. Teniendo en cuenta que:

- El número de horas de docencia por asignatura debe corresponderse con el Plan de Estudios.
- El reparto de horas a cada módulo debe responder a su opinión personal, independientemente de que coincida o no con el Plan de Estudios.

- Si imparte docencia en más de una titulación, elija aquella en la que más docencia imparta y cumplimente una encuesta por titulación.

Tabla 2. Encuesta sobre contenidos de asignaturas agrupadas por módulos.

2.- CONTENIDOS AGRUPADOS POR MÓDULOS	2.1	2.2	2.3
Horas de cada curso según Plan de Estudios (1 crédito = 10 horas)			
M1.- GEOMETRÍA MÉTRICA. Construcciones y transformaciones geométricas en el plano			
M2.- GEOMETRÍA PROYECTIVA. Transformaciones proyectivas. Sistemas de representación.			
M3.- CURVAS TÉCNICAS 2D y 3D. SUPERFICIES. SÓLIDOS.			
M4.- DIBUJO TÉCNICO. Represent. de cuerpos en proyec. diédrica, isométrica y caballera.			
M5.- DIBUJO TOPOGRÁFICO. Planos cartográficos y topográficos (Perfiles y Explanaciones).			
M6.- DIBUJO INDUSTRIAL. Normativa. Tolerancias dimensionales y geométricas. Planos de conjunto y despieces.			
M7.- DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR. Conceptos. Aplicaciones al Dibujo Técnico. Prácticas con programas vectoriales.			
M8.- DISEÑO INDUSTRIAL. Fundamentos. Metodologías. Diseño de un producto.			
Totales:			
OBSERVACIONES:			

2.3. Contenidos específicos de ingeniería Gráfica

En la Tabla 3, se asignan contenidos específicos a cada módulo, relacionados con la Geometría y Dibujo Técnico tradicionales y con los de Diseño contemporáneos. Si el encuestado considerara que faltan algunos, tiene libertad para añadirlos, dentro de cada módulo en el módulo 9 (Miscelánea).

Repartir el número de horas asignadas a cada módulo, teniendo en cuenta que

- El número total de horas asignadas a los temas que contiene un módulo debe coincidir con los créditos indicados en la tabla 2.
- El reparto de horas a cada tema debe corresponderse con su opinión personal, independientemente de que coincida o no con el Plan de Estudios.

El módulo 7 (DAO) repite contenidos de otros módulos, por estimarse que constituye en sí mismo una oportunidad para impartir los contenidos utilizando un programa de DAO como herramienta.

Tabla 3. Relación exhaustiva de contenidos de cada módulo.

3. Relación exhaustiva de CONTENIDOS		3.1	3.2	3.3
M1.- GEOMETRÍA MÉTRICA:	Construcciones gráficas fundamentales Polígonos Proporcionalidad y razón entre puntos Transformaciones geométricas Polaridad, inversión y potencia Tangencias			
M2.- GEOMETRÍA PROYECTIVA:	HOMOLOGÍA: Transformaciones proyectivas: Homología espacial y plana Sistemas de representación, Fundamentos SISTEMA DIÉDRICO: Punto, recta y plano Perpendicularidad y paralelismo Intersecciones, Abatimientos Verd. magnitud: Distanancias, Abatimientos, Cambio de plano Aplicaciones SISTEMA AXONOMÉTRICO ORTOGONAL: Fundamentos y tipos de axonometría Triángulo fundamental Coeficiente de reducción Paso del diédrico al axonométrico Aplicaciones SISTEMA AXONOMÉTRICO OBLICUO: Perspectiva caballera, Fundamentos y aplicaciones SISTEMA CÓNICO: Perspectiva cónica: Fundamentos y aplicaciones			
M3.- CURVAS TÉCNICAS 2D Y 3D. SUPERFICIES. SÓLIDOS:	CURVAS: Cónicas Curvas Cíclicas. Curvas Espirales, Splines SUPERFICIES: Poliédricas Superficies regladas Superficies libres (Bézier, Nurbs) SÓLIDOS: Cgs Brep APLICACIONES: Intersección de superficies Superficies adaptadoras			
M4.- DIBUJO TÉCNICO:	Representación de piezas en proyec. diédricas: Vistas y cortes Vistas auxiliares Representación de piezas en perspectiva Isométrica y Caballera Acotación Normas de representación y acotación Conjuntos sencillos: Lista de componentes, Piezas normalizadas Interpretación de planos			
M5.- DIBUJO TOPOGRÁFICO:	SISTEMA de PLANOS ACOTADOS: Punto, recta y plano Representación, pertenencia, posiciones particulares Paso del sistema del sistema acotado al diédrico Intersecciones y verdaderas magnitudes Paralelismo, Perpendicularidad Distancias, Abatimientos APLICACIONES AL DIBUJO TOPOGRÁFICO: Trazados subterráneos (tuberías, túneles, etc) Cubiertas Movimiento de tierras (Explicaciones y perfiles) Cbras lineales (viales, Perfiles y cubilaciones) Levantamientos topográficos APLICACIONES DEL DIBUJO CARTOGRAFICO: Transformaciones cartográficas (sistemas de proyección y de arrastre) Sistemas de referencia geodésicos técnicas de representación cartográfica			
M6.- DIBUJO INDUSTRIAL:	ACOTACIÓN CON TOLERANCIAS: Criterios de acotación: Función, fabricación, verificación Tolerancias dimensionales Tolerancias geométricas Análisis funcional Estados superficiales REPRESENTACIÓN DEL MODELO: Vistas, cortes y acotación 2D Modelo acotado con atributos 3D DISEÑO DE CONJUNTOS: Uniones fijas y desmontables Mecanismos de transmisión de movimiento Ejes y componentes de contacto entre mecanismos de transmisión Engranajes, cadenas y correas DIBUJO DE CONJUNTOS: Lista de componentes: materiales, Comp. normalizados o comerciales Interpretación de planos Ejecución de planos de conjunto 2D y 3D			
M7.- DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR:	FUNDAMENTOS e INICIACIÓN: Sistemas vectoriales y digitales (nubes de puntos) Programas comerciales. Periféricos Aprendizaje de un programa de CAD PRÁCTICAS CON PROGRAMAS VECTORIALES: Geometría plana: Polígonos, Transformaciones geométricas. Tangencias Acotación 2D Geometría Proyectiva: Modelado de objetos 3D, Proyecciones diédricas Curvas 2D y 3D, Superficies. Sólidos Intersecciones, Superficies adaptadoras, Primitivas 3D Dibujo topográfico y cartográfico: Perfiles, Explanaciones, Viales Georeferenciación, Coordenadas UTM Dibujo Industrial: Modelado de objetos 3D "MEO", Acotación 3D Bibliotecas 3D de elementos normalizados y comerciales Parametrización, Restricciones, Explosionados Listas de materiales, Coción del documento "Planos" para el adquisición y transferencia de información de producción Estándares de intercambio de información gráfica Importación de imágenes y nubes de puntos Generación de planos, Impresión de documentos Impresión de maquetas 3D Tendencias futuras en el DAO: Ingeniería topológica o generativa, fabricación rápida, ingeniería inversa Realidad virtual, BIM, MEO... Diseño Industrial, Presentación del Producto: Texturas, Iluminación, Materiales, Propiedades tecnológicas Animación, Simulación			
M8.- DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO:	Fundamentos Propiedad Industrial (dibujos, modelos y patentes) Metodologías Técnicas de creatividad Prototipos virtuales Ecodiseño, Análisis del ciclo de vida Ergonomía Técnicas de evaluación y rediseño Comunicación interactiva con el cliente Caso de estudio: Diseño de un producto			

2.4. Métodos de enseñanza/aprendizaje

En la tabla 4, apartado 4.A, se indican distintos métodos de enseñanza/aprendizaje, potencialmente idóneos para el entrenamiento en la adquisición de las habilidades y capacitaciones gráficas.

- Indicar en %, el tiempo aproximado dedicado a cada método (añadir los que procedan) en cada asignatura.
- En la primera columna se hace referencia a los métodos empleados en las clases presenciales y en la segunda al trabajo autónomo del alumno.
- La suma total de cada columna (subapartado 1+subapartado 2) debe sumar 100%.

En la Tabla 4, apartado 4.B, se indica distinto instrumental a utilizar para la enseñanza/aprendizaje.

- Indicar en %, el tiempo aproximado que es preciso utilizar cada instrumento, en cada asignatura,
- Al igual que en el apartado A, la primera columna refleja el instrumental a emplear en las clases presenciales y la segunda el instrumental a emplear el alumno en su trabajo autónomo no presencial.
- La suma total de cada columna debe ser igual al 100%.

Tabla 4. Métodos y herramientas de enseñanza/aprendizaje que se debieran aplicar.

4.A. MÉTODOS DOCENTES		4.1		4.2		4.3	
Tiempo empleado cada cada método (%)		Lectivo 100%	Trab. Autónomo 100%	Lectivo 100%	Trab. Autónomo 100%	Lectivo 100%	Trab. Autónomo 100%
1. CLASE MAGISTRAL:	Indicar %						
1.1 Pizarra							
1.2 Proyector de Transparencias							
1.3 Power Point Flash, ...							
1.3 Plataforma virtual en directo							
1.4 Plataforma virtual en diferido							
1.5 Enseñanza de módulos en el entorno de un programa vectorial							
TOTALES:							
OBSERVACIONES:							
2. OTROS MÉTODOS		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
2.1 Ejercicios teóricos							
2.2 Ejercicios aplicados (Aprendizaje Basado en Problemas)							
2.3 Aprendizaje Basado en Proyectos (individuales)							
2.4 Aprendizaje Basado en Proyectos (en grupo)							
2.5 Aprendizaje Colaborativo							
2.6 Clase Invertida							
2.7 "Learning design by doing"							
TOTALES:							
OBSERVACIONES:							
4.B. INSTRUMENTAL DE DIBUJO Y DISEÑO EMPLEADO:		Lectivo 100%	Trab. Autónomo 100%	Lectivo 100%	Trab. Autónomo 100%	Lectivo 100%	Trab. Autónomo 100%
Bocetaje a mano alzada en A4 y/o A3							
Bocetaje a mano alzada en papel cuadriculado o milimetrado							
Regla, cartabón, escuadra, compás							
Tinta							
Plantillas (letras , curvas, símbolos)							
Ordenador (incluye Tablet y teléfono inteligente)							
Tableta digitalizadora 2D							
Ratón 3D							
Impresora 2D							
Impresora 3D							
Scanner (luz estructurada, triangulación, fotogrametría, LiDAR)							
Instrumental topográfico clásico (nivel, estación)							
Instrumental topográfico con Nuevas Tecnologías (GNSS, Sistemas Láser)							
TOTALES:							
OBSERVACIONES:							

3. Representatividad de las encuestas

Se invitó a 23 universidades españolas, de las cuales respondieron 21, pertenecientes a 13 comunidades autónomas (Tabla 5); se recibieron 78 encuestas, correspondientes a 18 Grados diferentes y al Máster en Ingeniería Industrial.

Se desestimaron 7 encuestas por no haber considerado en sus respuestas todas las asignaturas adscritas a EGI en la titulación correspondiente; por tanto, el número total de encuestas consideradas válidas fue de 71.

Aquellos Grados en los que no se recibieron más de dos encuestas se han agrupado con otros considerados afines (Tabla 6) resultando 8 grupos. En dicha tabla, aparecen en negrita las titulaciones sobre las que más encuestas se recibieron.

Las encuestas recibidas del Grado de Diseño Industrial (2 adscritas al Grupo VI), de Multimedia (1 adscrita al Grupo VII) y del Máster de Ingeniería Industrial (2 adscritas al Grupo VIII) no se asociaron a ninguna titulación debido a que sus características especiales las hacen muy diferentes al resto de Grados analizados. Ninguno de estos 3 grupos (5 encuestas, en cursiva gris en la Tabla 6) se han considerado en el cálculo de las medias globales, pues son tan diferentes que habrían distorsionado los resultados.

Teniendo en cuenta estas exclusiones, las encuestas consideradas para el cálculo de valores medios fueron 66, por lo que los resultados obtenidos pueden considerarse representativos de la opinión de los docentes de las asignaturas adscritas al área EGI en las universidades españolas, excepto en las respuestas correspondientes a las preguntas de detalle formuladas en la Tabla 4 (métodos de enseñanza/aprendizaje), debido a que un número elevado de encuestados la cumplieron parcialmente (los métodos seleccionados no sumaban el 100%).

Tabla 5. Relación de encuestas por universidades.

#	Universidades participantes	Nº encuestas
1	Alicante (UA)	2
2	Almería (UALM)	1
4	Cádiz (UCA)	3
3	Cantabria (UC)	2
5	Córdoba (UCO)	1
6	Girona (UGI)	4
7	Jaén (UJ)	1
8	Jaume I (UJ I)	5
9	La Rioja (UR)	6
10	León (ULE)	4
11	Málaga (UMA)	1
12	Oviedo (UO)	2
13	Navarra (UNA)	1
14	País Vasco (UPV-EHU)	14
16	Pol. Cataluña (UPC)	7
15	Pol. Cartagena (UPCt)	2
17	Pol. Madrid (UPM)	5
18	Pol. Valencia (UPV)	1
19	Pública de Navarra (UPNA)	1
20	Sevilla (USE)	1
21	Zaragoza (UZ)	7
TOTAL		71

Tabla 6. Agrupación de encuestas por titulaciones afines.

GRUPO	#	TITULACIÓN (Grado en.....)	Nº Encuestas	
I	1	•Tecnologías Industriales	12	12
	2	•Ing. Mecánica	19	21
II	3	•Arq. Naval y marítima	1	
	4	•Arq. Aeroespacial	1	
III	5	•Ing. Eléctrica	6	17
	6	•Ing. Electrónica y Automática	8	
	7	•Ing. Robótica	1	
	8	•Ing. Biomédica	1	
	9	•Ing. Energía	1	
IV	10	•Ing. Agronómica y del Medio Rural	3	5
	11	•Ing. Civil	2	
V	12	•Ing. Química	6	11
	13	•Ing. Enológica	1	
	14	•Ing. Materiales	1	
	15	•Ing. Medioambiental	1	
	16	•Ing. Organización	2	
VI	17	•Ing. Diseño Industrial	2	2
VII	18	•Ing. Diseño Multimedia	1	1
VIII	19	•Máster en Ing. Industrial	2	2
TOTALES			71	71

4. Resultados

Un 74% de los profesores encuestados tiene experiencia profesional no docente.

La media de edad es de 50 años.

La media de créditos por titulación de que dispone el Área de Conocimiento de Expresión Gráfica en la Ingeniería (en adelante EGI) es 12, distribuidos en una amplia horquilla que va desde 6 hasta 27 créditos.

La denominación de las asignaturas adscritas a EGI contienen algunas de las 12 palabras clave siguientes: *Expresión, representación, gráfica/os, DAO/CAD, ingeniería, dibujo, técnico/as, industrial, construcción, cartografía, SIG, diseño.*

La denominación de las asignaturas presenta una gran dispersión (15). Como muchos de los títulos son similares, en la **Fig. 1 se indica** el porcentaje de cada uno de los 6 grupos en que se han clasificado.

En relación al reducido porcentaje de asignaturas de Topografía, Cartografía y GIS, es debido a que en muchas universidades estas asignaturas están asignadas al área de Ingeniería Cartográfica o al Área de Ingeniería Agroforestal.

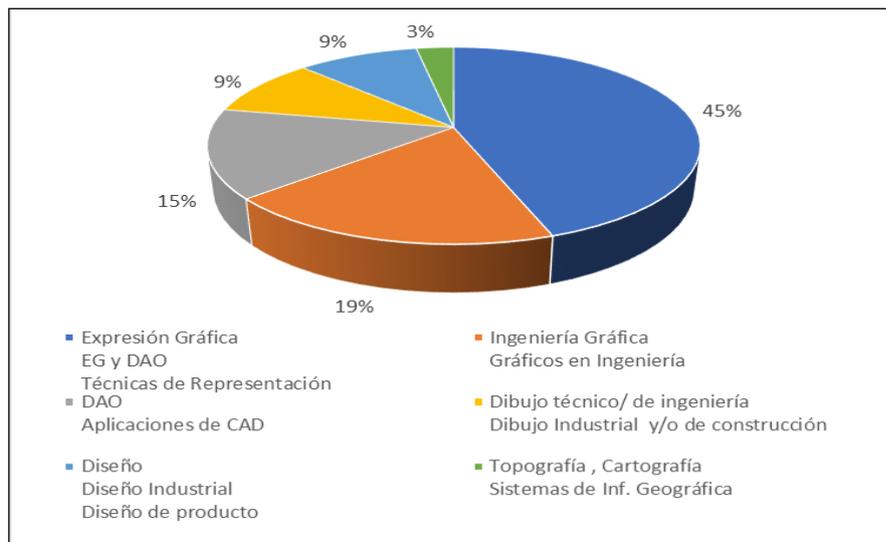


Figura 1. Denominaciones de las asignaturas adscritas al Área Expresión Gráfica en la Ingeniería.

	GLOBAL	GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III	GRUPO IV	GRUPO V	GRUPO VI	GRUPO VII
	69	12	21	17	5	11	2	1
	GLOBAL	TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES	INGENIERÍA MECÁNICA	ING. ELÉCTRICA + ELECTRÓNICA + AUTOMÁTICA	INGENIERÍA CIVIL + AGRÓNOMA	INGENIERÍA QUÍMICA	DISEÑO INDUSTRIAL	INGENIERÍA MULTIMEDIA
	Re AdEn AdAl	Re AdEn AdAl	Re AdEn AdAl	Re AdEn AdAl	Re AdEn AdAl	Re AdEn AdAl	Re AdEn AdAl	Re AdEn AdAl
Saber expresar sus ideas gráficamente	2,7 2,1 1,9	2,7 2,1 1,9	2,7 2,2 1,7	2,6 2,1 2,2	2,8 1,8 1,4	2,8 2,3 2,1	3,0 1,5 2,5	3,0 1,0 2,0
Visión espacial (imaginar el objeto en el espacio)	2,7 2,6 1,9	2,8 2,7 2,1	2,8 2,6 1,9	2,6 2,4 1,9	2,6 2,8 2,0	2,8 2,8 1,6	3,0 2,5 2,0	3,0 3,0 0,0
Representar gráficamente un producto	2,8 2,2 1,8	2,8 2,1 1,9	2,7 2,2 1,7	2,7 2,1 2,0	2,8 2,4 1,6	2,9 2,5 2,0	2,5 1,0 1,5	3,0 1,0 2,0
Manejar con soltura programas Infográficos	2,4 0,8 1,9	2,6 0,4 1,6	2,5 1,0 1,8	2,3 0,9 2,2	2,2 0,8 2,6	2,5 0,7 1,8	3,0 2,0 3,0	2,0 1,0 1,0
Creatividad e Innovación en el diseño	2,4 1,3 1,6	2,4 0,9 1,6	2,4 1,4 1,5	2,5 1,7 1,8	2,0 0,8 1,0	2,4 1,5 1,6	2,0 0,5 3,0	2,0 1,0 2,0
Redactar el documento "Planos"	2,8 2,2 1,8	2,6 2,2 1,9	2,8 2,1 1,6	2,9 2,2 2,1	3,0 2,0 1,6	2,7 2,3 1,9	2,5 2,0 1,0	2,0 3,0 0,0
MEDIA	2,6 1,9 1,8	2,6 1,7 1,8	2,6 1,9 1,7	2,6 1,9 2,0	2,6 1,8 1,7	2,7 2,0 1,8	2,7 1,6 2,2	2,5 1,7 1,2

Figura 2. Habilidades y destrezas gráficas para cada titulación. *Re:* Requeridos por un ingeniero. *AdEn:* Adquiridos por los profesores cuando fueron estudiantes. *AdAl:* Adquiridos por los alumnos con el Plan de Estudios actual. (Puntuación de 0 a 3).

En todos los Grados ocurre que, tanto el nivel que los encuestados adquirieron en su día en dichas habilidades y destrezas como el que consiguen actualmente sus alumnos, es inferior al que ellos consideran necesario para la profesión de ingeniero (Figura 2). En la mayoría de los grupos, si se hace la media entre las cinco destrezas analizadas, la diferencia de niveles entre *AdEn* (adquiridos por los profesores de estudiantes) y *AdAl* (adquiridos por los alumnos actuales) es similar (+0,1), excepto en los Grados de Diseño Industrial y Multimedia. No obstante, esto es debido a que en dos destrezas (Manejar con soltura programas infográficos y Creatividad e Innovación en el diseño) los niveles que se obtienen hoy en día son mejores que antaño, mientras que en las otras tres se obtenían mejores resultados cuando los encuestados se graduaron. De hecho, en visión espacial (imaginar el objeto en el espacio) los alumnos actuales obtienen rendimientos mucho más bajos que sus actuales profesores (0,8/3 de diferencia en el global de las titulaciones).

Llama la atención la habilidad para dibujar el *documento Planos de un Proyecto Técnico*, que en todos los Grados de Ingeniería sufre importantes carencias entre su importancia y la destreza que obtienen hoy en día los alumnos (1,0/3 en el global).

Mayores carencias todavía se detectan en relación a las habilidades que conseguían los encuestados en el manejo programas informáticos cuando se graduaron (1,6/3 en el global).

Respecto a la pregunta: “¿Los Planes de Estudio actuales son adecuados para adquirir adecuadamente las habilidades gráficas requeridas?”, los profesores opinan que salen con una preparación media ligeramente superior a la que consiguieron ellos cuando fueron estudiantes (60%).

Comparando las opiniones anteriores (ingenieros docentes) con las de 40 ingenieros técnicos no docentes, a los que se realizó la misma encuesta sobre *Habilidades y Destrezas Gráficas*, los resultados se pueden ver en la Figura 3.

HABILIDADES y DESTREZAS Gráficas	Re	AdEn
Saber expresar sus ideas gráficamente	2,5	1,9
Visión espacial (imaginar el objeto en 3D, a partir de sus proyecciones en 2D)	2,4	2,0
Representar gráficamente un producto o proyecto técnico	2,5	1,9
Manejo de Programas infográficos de Diseño por Ordenador	2,6	1,4
La creatividad y la innovación en el diseño de productos	2,4	1,3
El documento “Planos” en un proyecto (de producto, edificio, instalación, etc).	2,5	2,0
MEDIA	2,5	1,8

Figura 3. *Req:* Requeridos por un ingeniero. *Adq:* Adquiridos por los ingenieros encuestados cuando eran estudiantes. [Encuesta realizada a 34 ingenieros no docentes].

Existe unanimidad, tanto entre ingenieros no docentes (ver Fig. 3) como entre profesores (ver Figura 3), acerca de que **las habilidades gráficas que requiere todo ingeniero son fundamentales** en todas las titulaciones (2,5 frente a 2,6). Unanimidad que se extiende al considerar que las habilidades gráficas adquiridas en su época de estudiantes fueron insuficientes (1,8 los ingenieros no docentes y 1,9 los ingenieros profesores).

La Figura 4 representa otra forma de exponer los resultados globales de la Figura 2. Se trata de un diagrama de brújula que hace más visible la comparación entre habilidades requeridas “versus” adquiridas. Se aprecia claramente que la capacitación de los alumnos del Plan de Estudios actual ha mejorado mucho en el manejo de programas infográficos y ligeramente en creatividad e innovación; sin embargo, ha perdido visión espacial, capacidad para realizar los **Planos de un proyecto** y para representar gráficamente un producto. En todos los casos, los niveles de destreza conseguidos son bastante inferiores a los requeridos hoy en día por cualquier ingeniero.

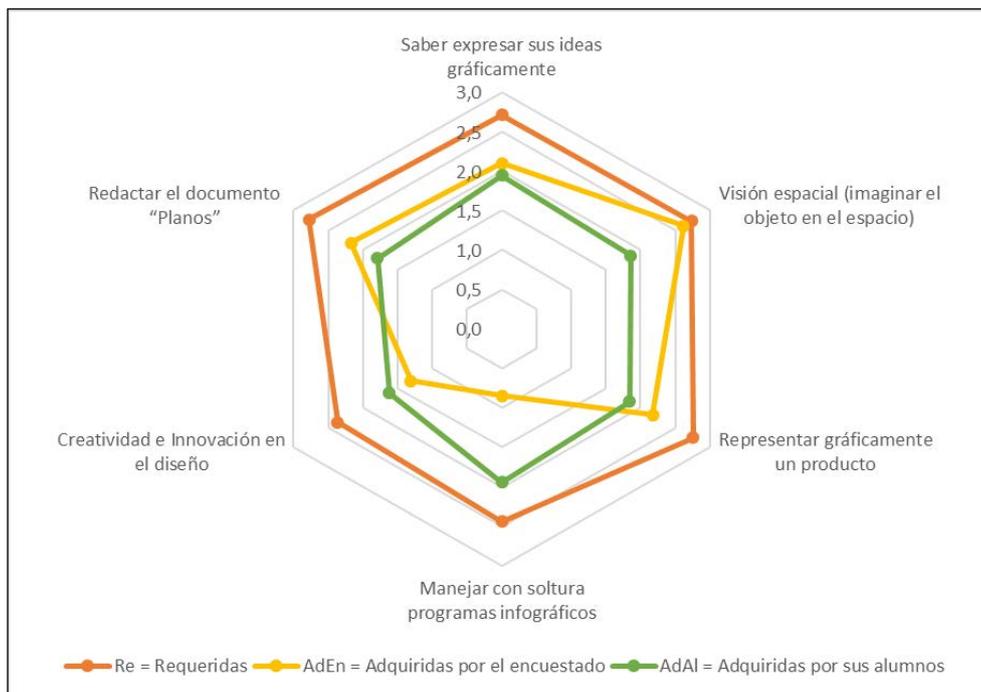


Figura 4. Habilidades y destrezas gráficas, media para todos los Grados.

La Tabla 2 recoge los contenidos relacionados con la Expresión Gráfica (antiguos planes de estudio) y la Expresión Gráfica y el Diseño Asistido por Ordenador (Planes Actuales) en 8 módulos, asignando el número de horas que, el encuestado, estima se debieran dedicar a cada uno. Dichos módulos, y su porcentaje en horas respecto del total son los reflejados en la Figura para el global de las titulaciones.

Como se puede apreciar en todas las titulaciones, el tiempo disponible se distribuye en las siguientes proporciones:

- Una cuarta parte (25,6%) a los módulos de Geometría. El módulo Geometría Métrica quedaría como un mero repaso de conocimientos previos (1,8%), y aplicados a Curvas, Superficies y Sólidos (7,8%), al Dibujo Topográfico (5,4%) y la Geometría Proyectiva (10,6%)
- Una tercera parte (36,6%) a los módulos Dibujo Técnico (15%) y Dibujo Industrial (21,65%)
- Una cuarta parte (26,7%) al Diseño Asistido por Ordenador (DAO).
- Una quinta parte (11,2%) al Diseño Industrial.

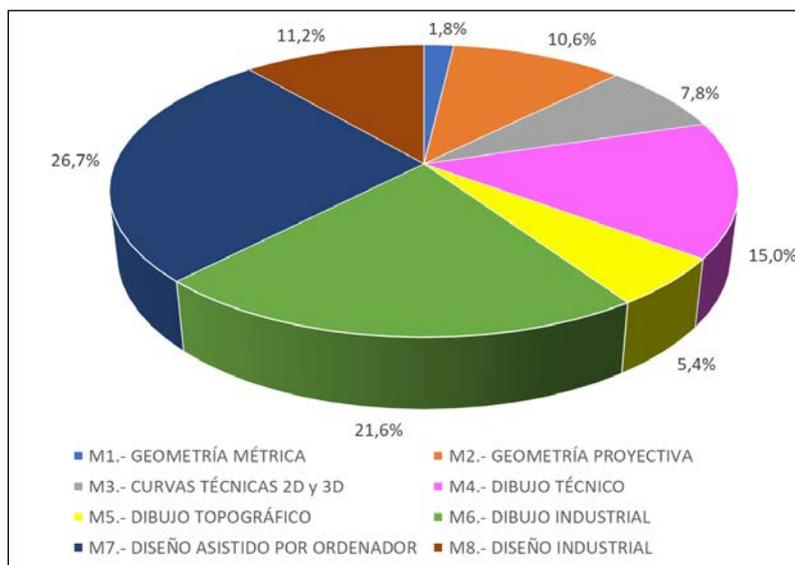


Figura 5. Porcentaje medio de horas asignadas a cada módulo en el global de titulaciones.

La Figura 6 muestra el desglose de los datos de la Figura 5 para cada uno de los grupos de titulaciones. Si bien había quedado manifiesta la importancia del DAO en todas las titulaciones, esta parece aún mayor en las titulaciones afines a las Ingenierías Mecánica, Civil y Agroforestal, del orden del 33% del total de los contenidos. Hay otros datos claros y evidentes, como por ejemplo la importancia del módulo de Dibujo Industrial (M8) en las titulaciones Tecnologías Industriales (29%), de Diseño Industrial (25%) y de Ingeniería Mecánica (24%).

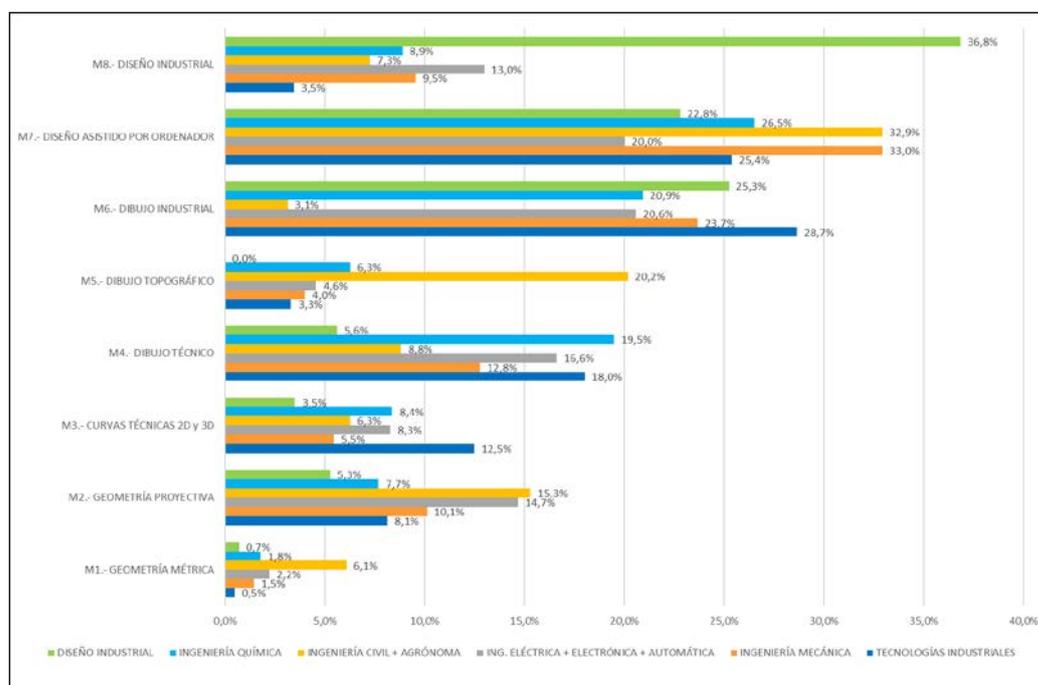


Figura 6. Porcentaje de horas de módulos para cada titulación.

Por otra parte, si bien habíamos dicho que el Dibujo Topográfico (M5) no participaba mucho en contenidos del global de titulaciones (5,4%), la excepción se da en los Grados de Ingenierías

Civil y Agrónoma, en donde ocupa más de un 20% de los contenidos totales. Esa diferencia positiva con la media de titulaciones también se da, para los mismos Grados, en Geometría Métrica (M1) con un 6,1% respecto al 1,8% del global. Esto se resiente en los contenidos de otros módulos, como por ejemplo en el de Dibujo Industrial (M6), en donde ronda el 3%.

Las figuras 7 a 14 muestran los contenidos específicos en cada módulo, desglosados por titulaciones.

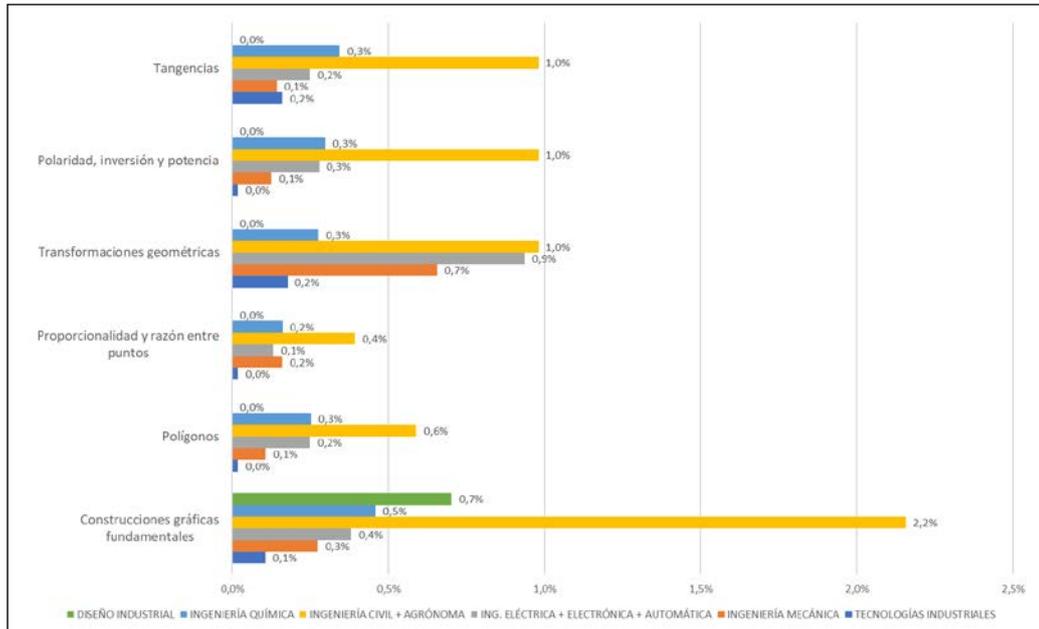


Figura 7. Porcentaje de horas para cada titulación relativo al módulo de Geometría Métrica (M1).

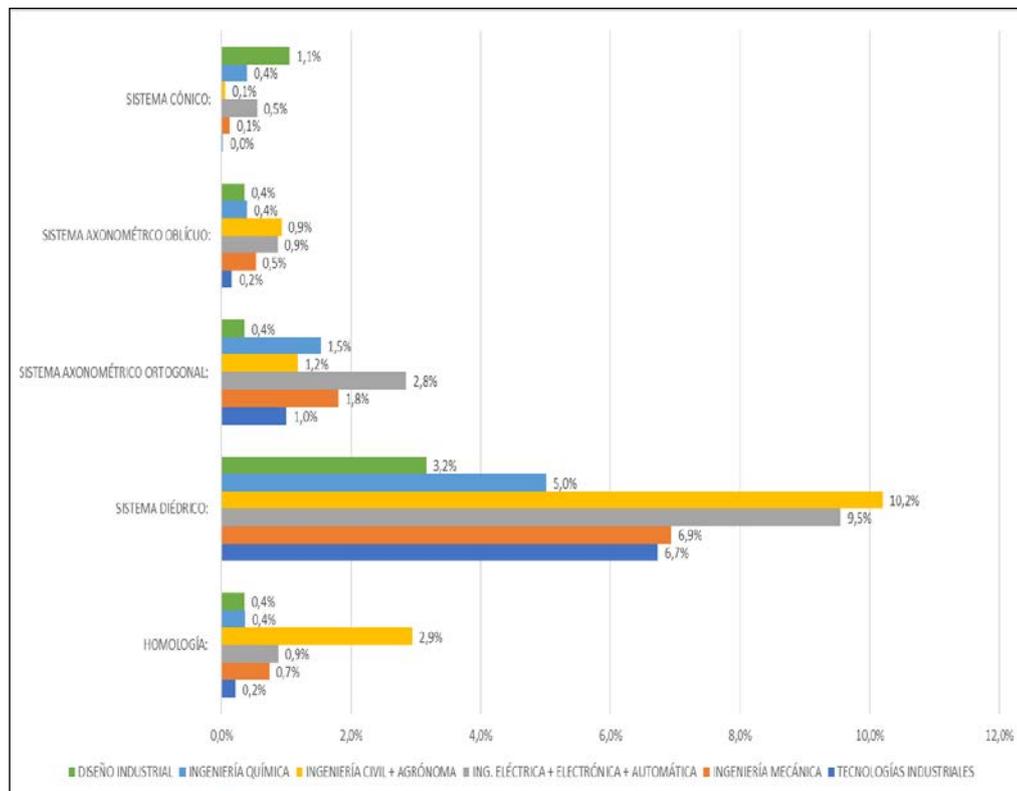


Figura 8. Porcentaje de horas para cada titulación relativo al módulo de Geometría Projectiva (M2).

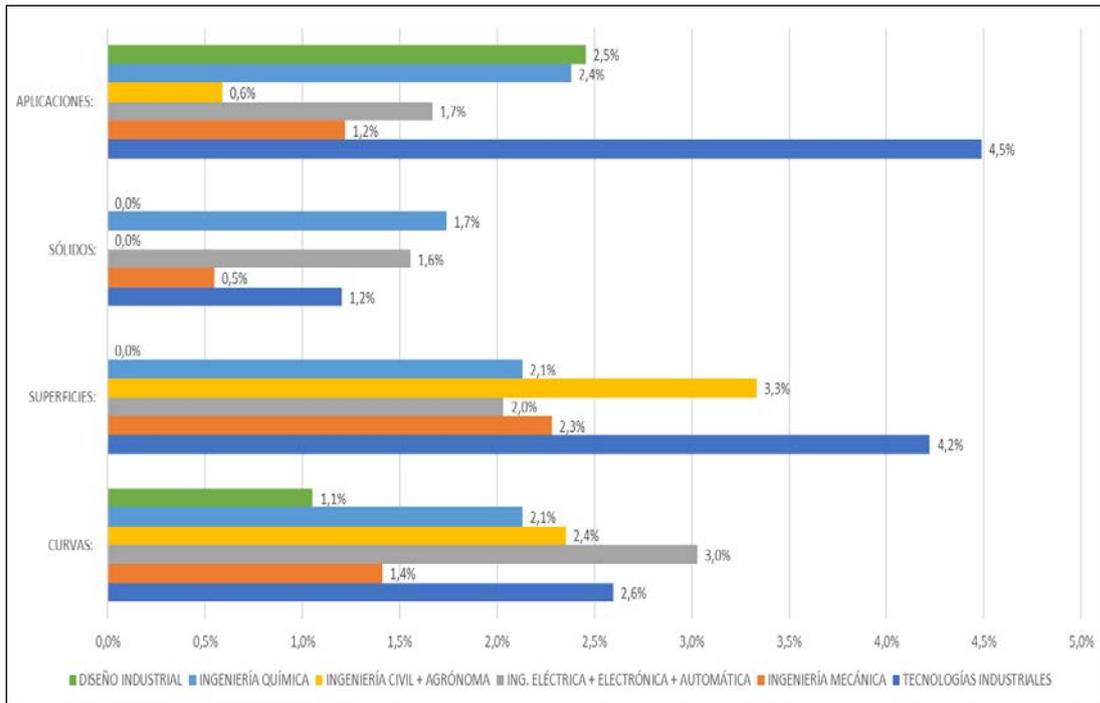


Figura 9. Porcentaje de horas para cada titulación relativo al módulo de Curvas Técnicas 2D y 3D (M3).

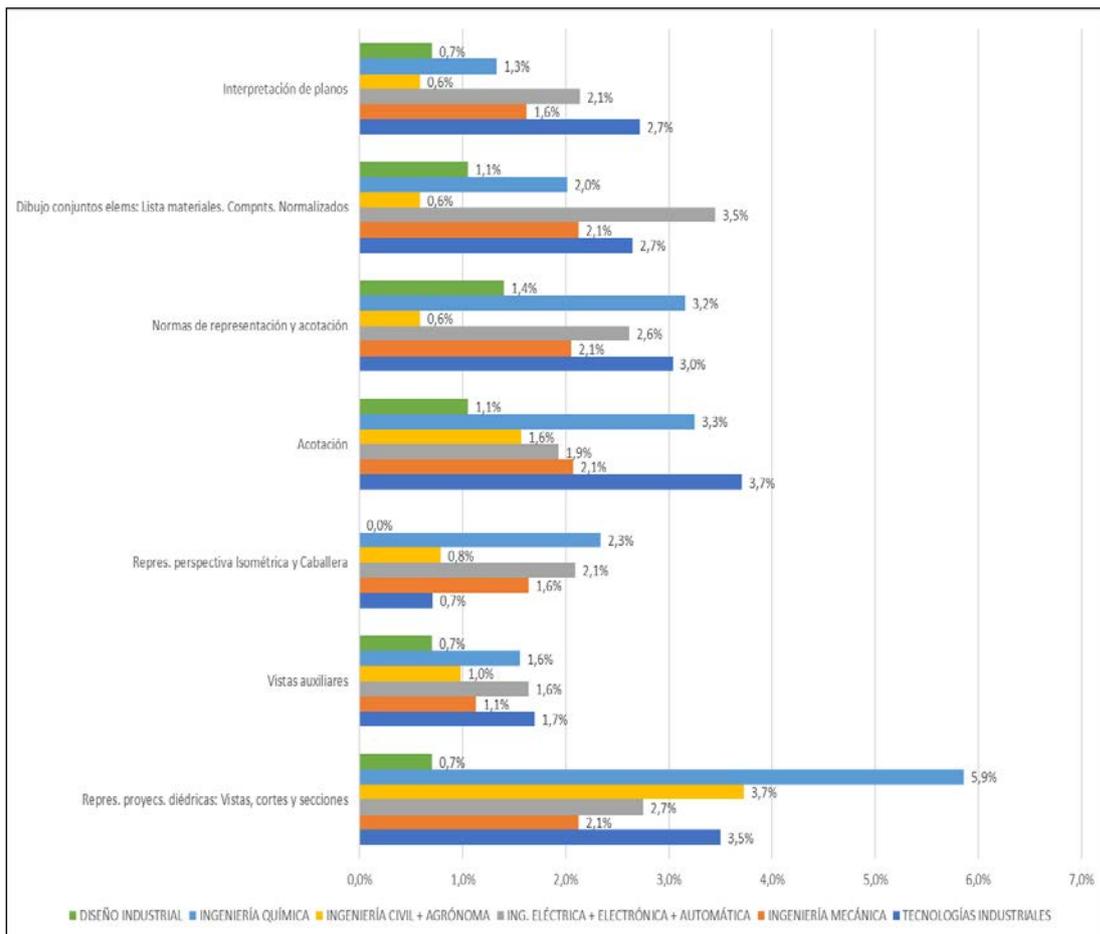


Figura 10. Porcentaje de horas para cada titulación relativo al módulo de Dibujo Técnico (M4).

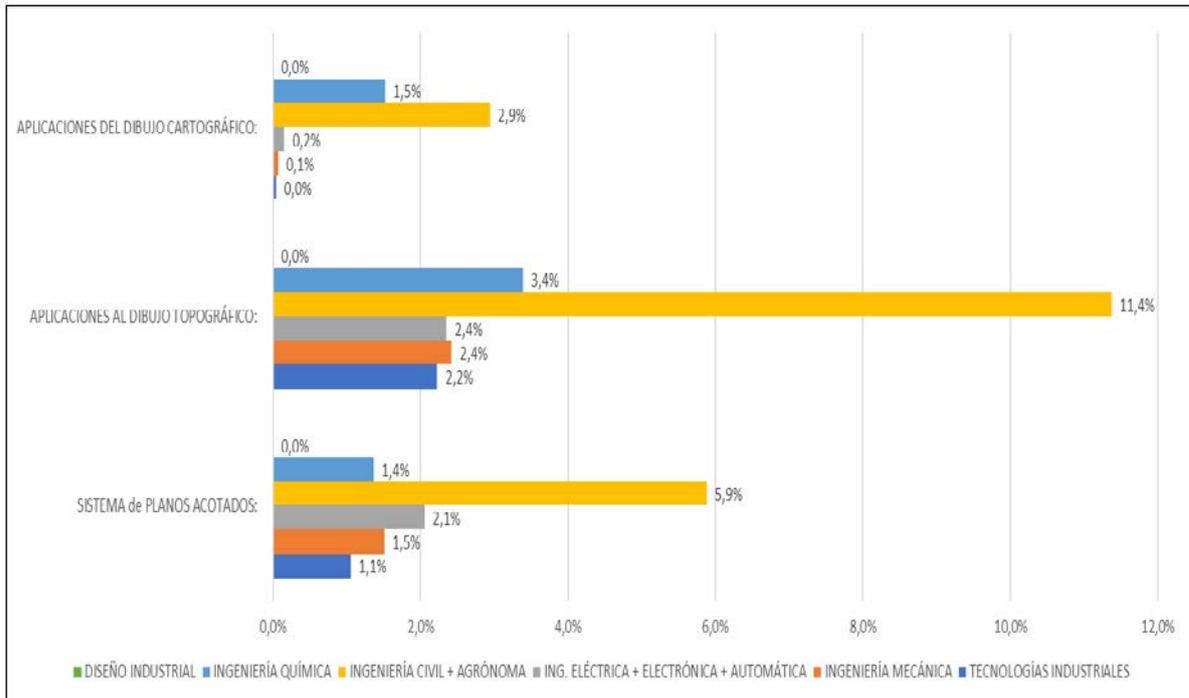


Figura 11. Porcentaje de horas para cada titulación relativo al módulo de Dibujo Topográfico (M5).

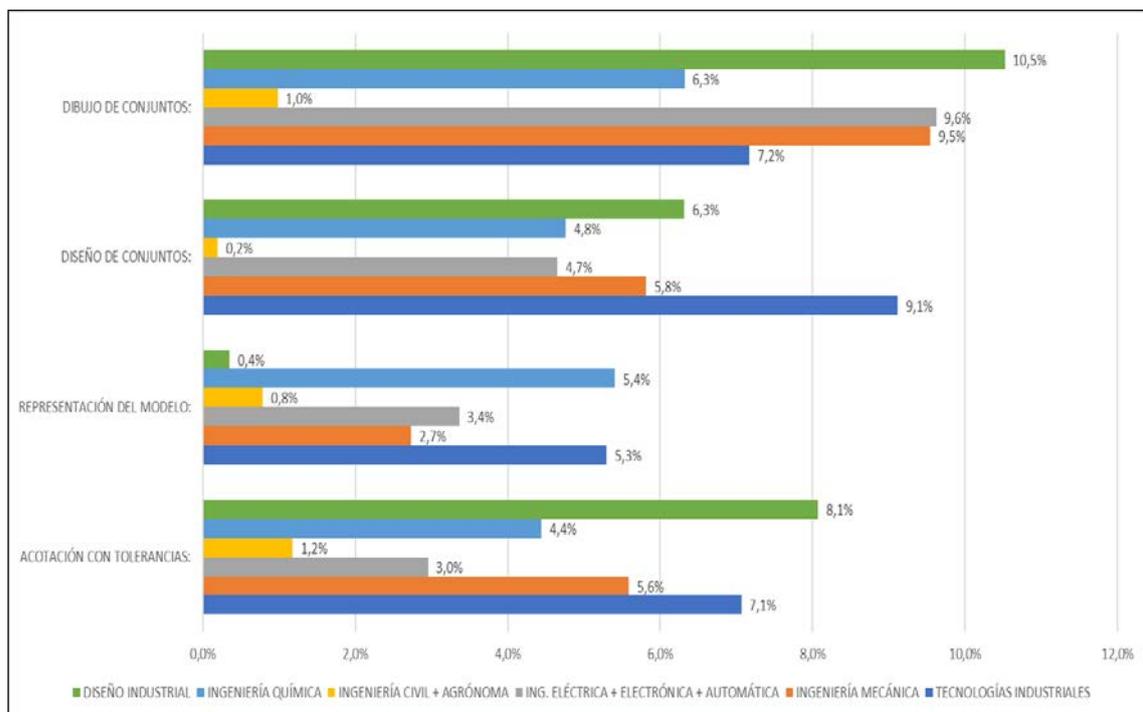


Figura 12. Porcentaje de horas para cada titulación relativo al módulo de Dibujo Industrial (M6).

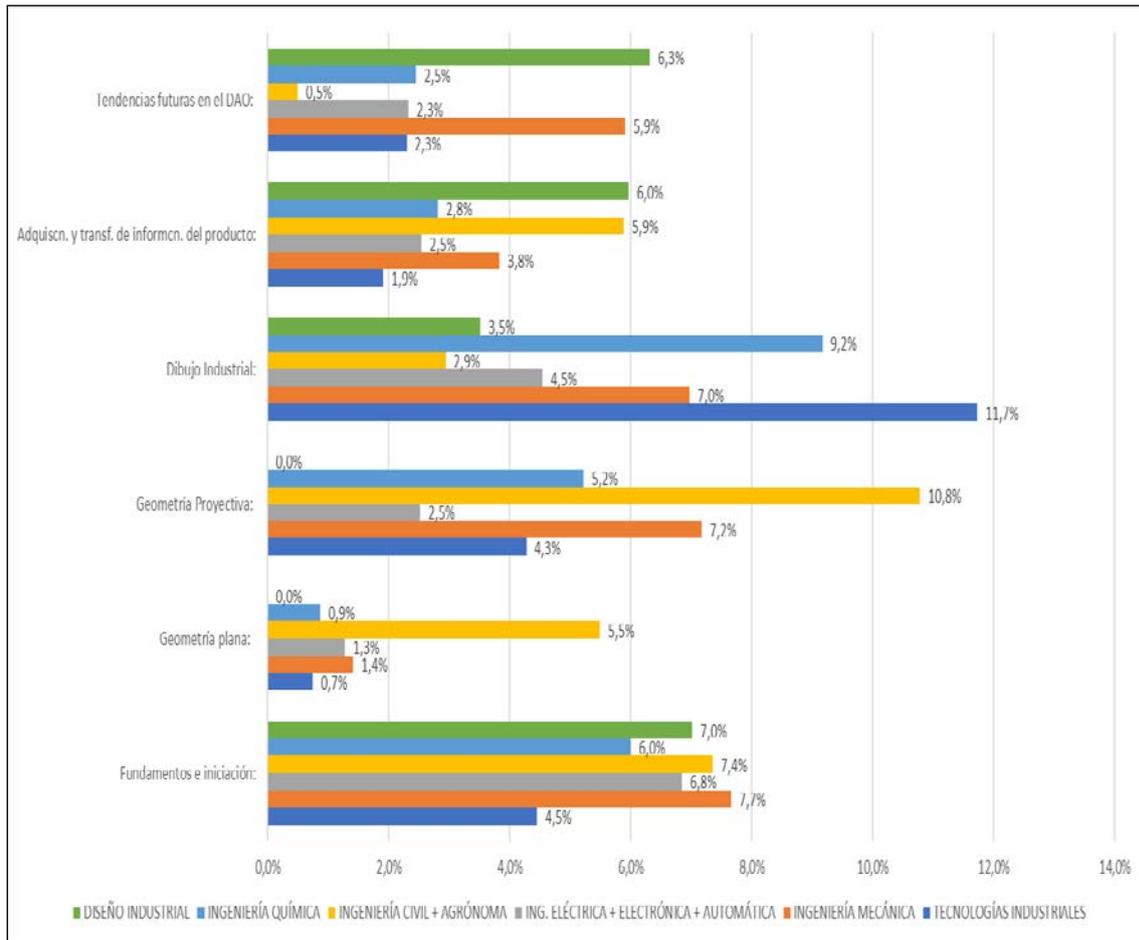


Figura 13. Porcentaje de horas para cada titulación relativo al módulo de Diseño Asistido por Ordenador (M7).

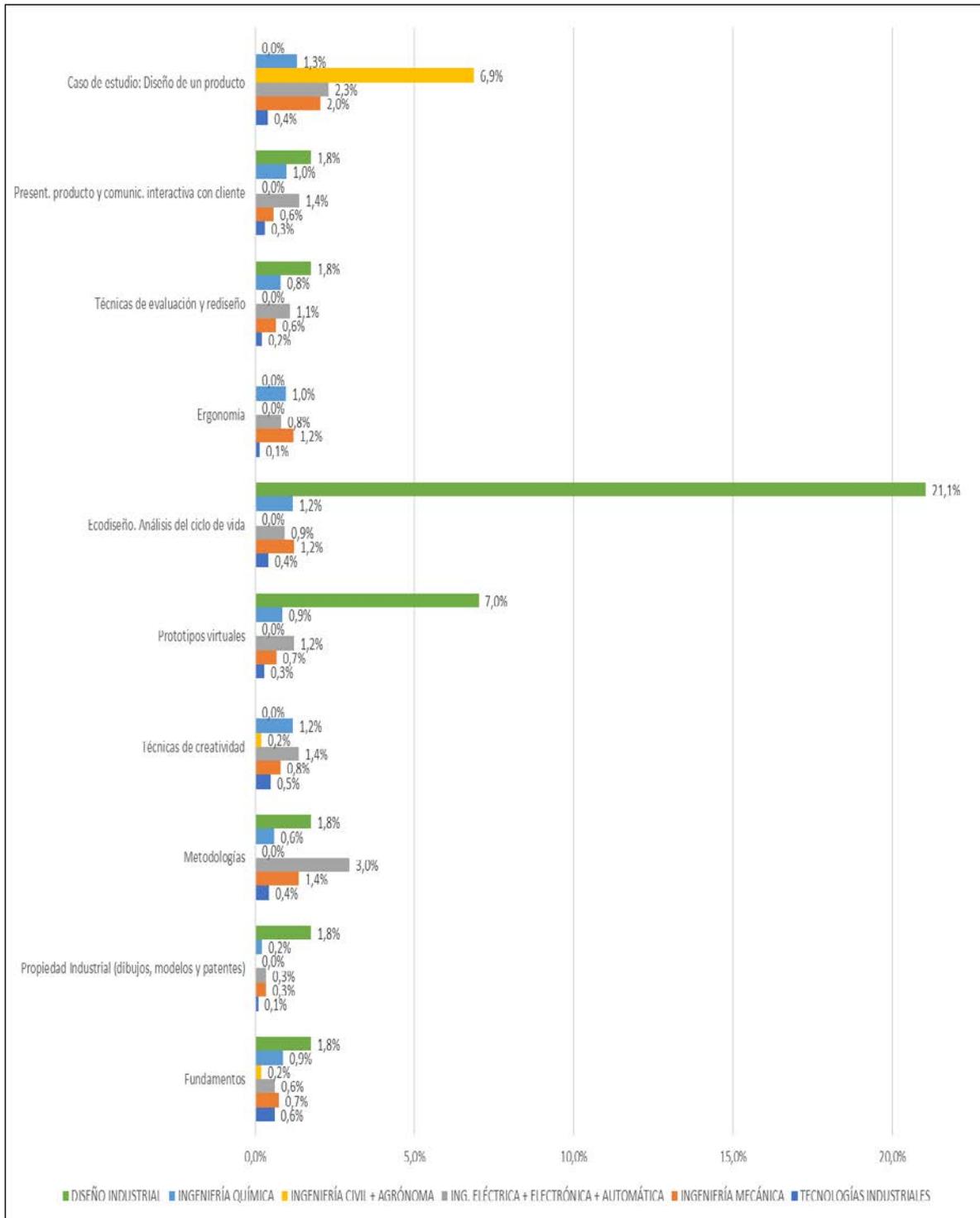


Figura 14. Porcentaje de horas para cada titulación relativo al módulo de Diseño Industrial (M8).

La última sección de la encuesta, relativa a la Tabla 4, consta de dos secciones claramente diferenciadas: la primera relativa a métodos y la segunda relativa a recursos. Los resultados podrían no ser del todo concluyentes ya que, en algunos casos, los encuestados no completaron toda la tabla (totales diferentes al 100%).

La primera parte (Tabla 4.A) muestra distintos métodos de enseñanza/aprendizaje, indicando el porcentaje de tiempo aproximado dedicado a cada método en cada asignatura, diferenciando entre clases presenciales en el aula y trabajo autónomo del alumno.

Lo primero que hay que destacar es que la clase magistral tiene un importante papel (41%), pero muy alejado del 100%. La Figura 15 muestra los métodos empleados por los docentes durante dichas clases en el aula. En cuanto a las clases magistrales (Figura 16), sigue siendo mayoritario el uso de la pizarra (14%) alternado con las proyecciones en pantalla en directo o en diferido (22%).

La enseñanza de módulos en el entorno de un programa vectorial (5%), coincide con el destinado a la enseñanza/aprendizaje de la Geometría Métrica y Proyectiva mediante un programa de DAO (Tabla 3 5%/27%), por lo que queda demostrada la fiabilidad de este resultado.

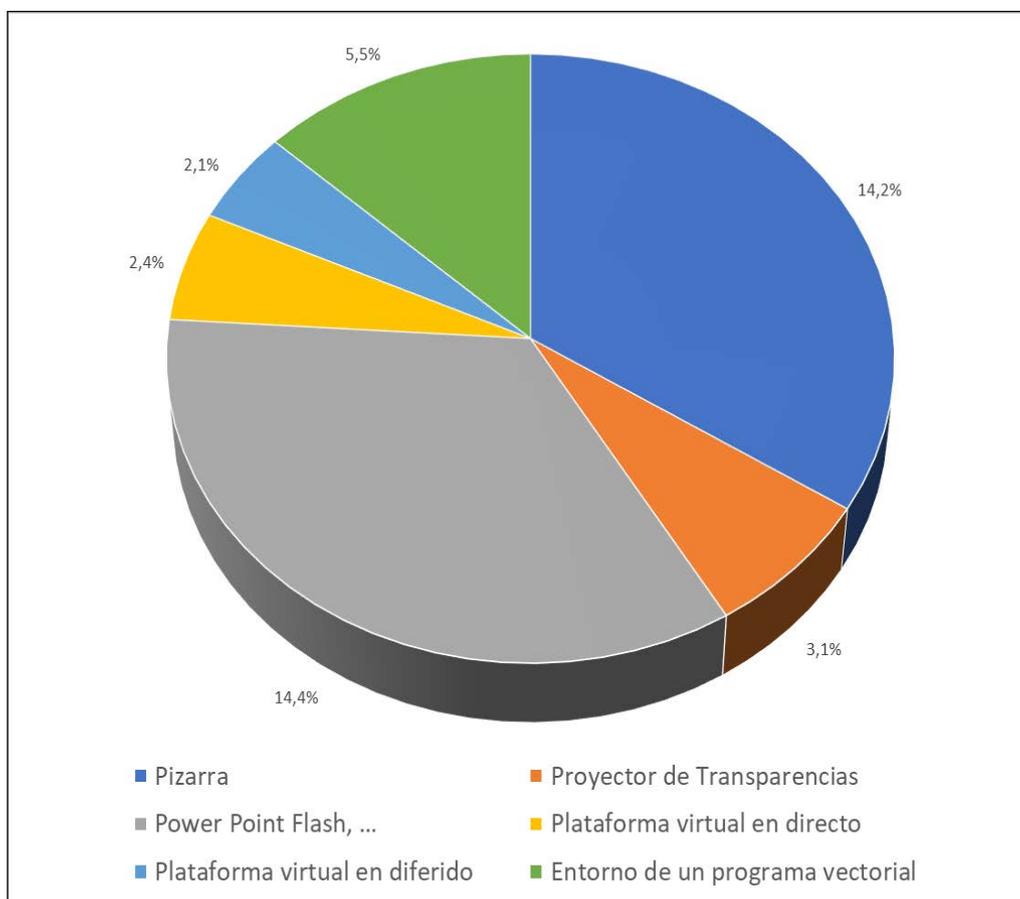


Figura 15. Porcentaje de métodos de enseñanza Magistrales en el aula.

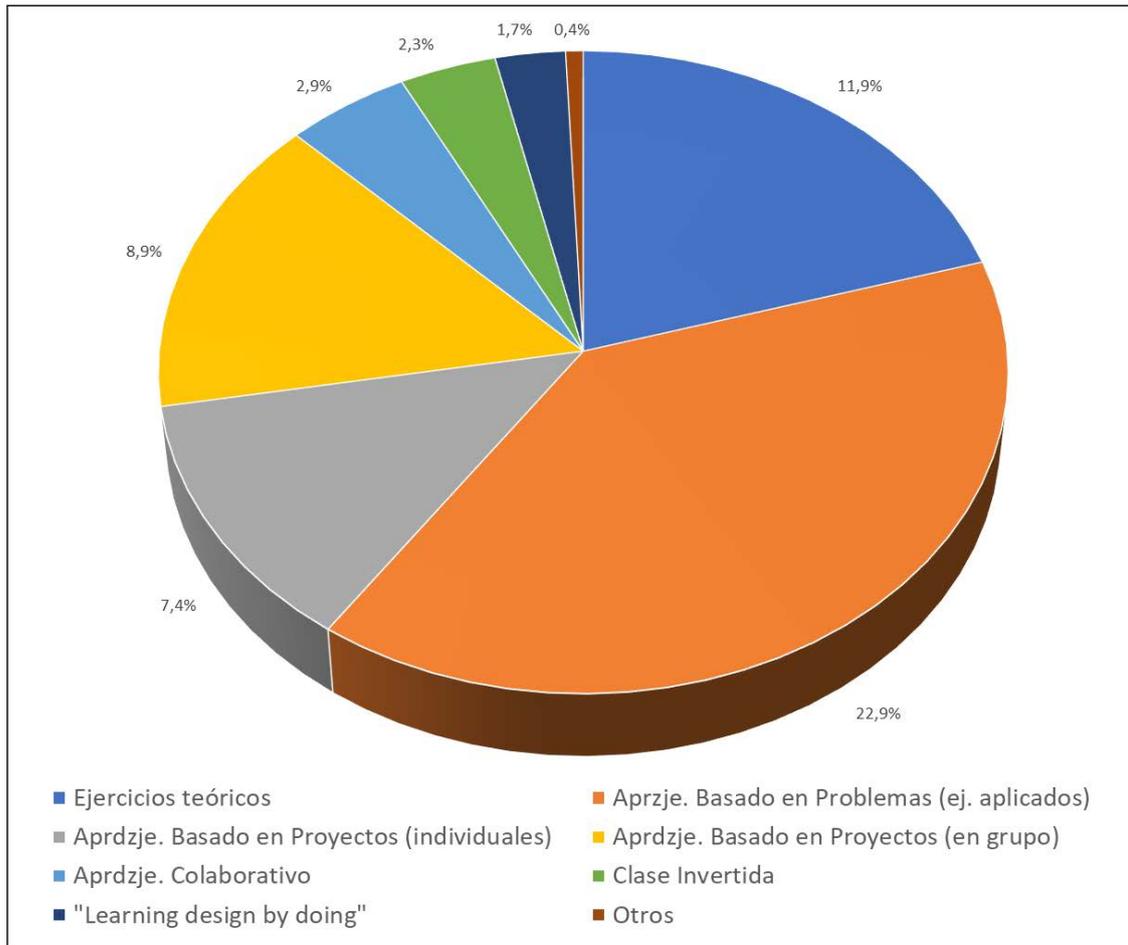


Figura 16. Porcentaje de métodos de enseñanza No Magistrales en el aula.

Aparte de las clases magistrales, se otorga mucha importancia a otra serie de metodologías docentes (Figura), entre las que destaca el Aprendizaje Basado en Problemas, que mediante la resolución de ejercicios aplicados ocupa un 22% del tiempo total lectivo. Cabe resaltar que empieza a despuntar el Aprendizaje Basado en Proyectos, tanto colectivo (9-10%) como individual (7%), lo cual es llamativo porque requiere de formación específica por parte del profesor para poder conseguir buenos resultados en el aula. La resolución de ejercicios teóricos está también presente, pero en menor medida (algo más del 10%). Nuevas metodologías, como el aprendizaje colaborativo, la clase invertida o el "Learning by doing", son escasamente contempladas (6,9%), lo cual parece lógico ya que se trata de recursos docentes recientes y desconocidas por muchos profesores; necesitan tiempo, experiencia y medios para poder implantarse fiamente en las aulas.

La figura 17 muestra el porcentaje medio de todas las titulaciones, tanto magistrales como no magistrales. Se puede apreciar que se da gran importancia a los métodos de aprendizaje prácticos (aprender haciendo): el 50% del tiempo se dedica a ejercicios teóricos (12%), problemas aplicados (23%), proyectos en grupo (8%) y proyectos individuales (7%).

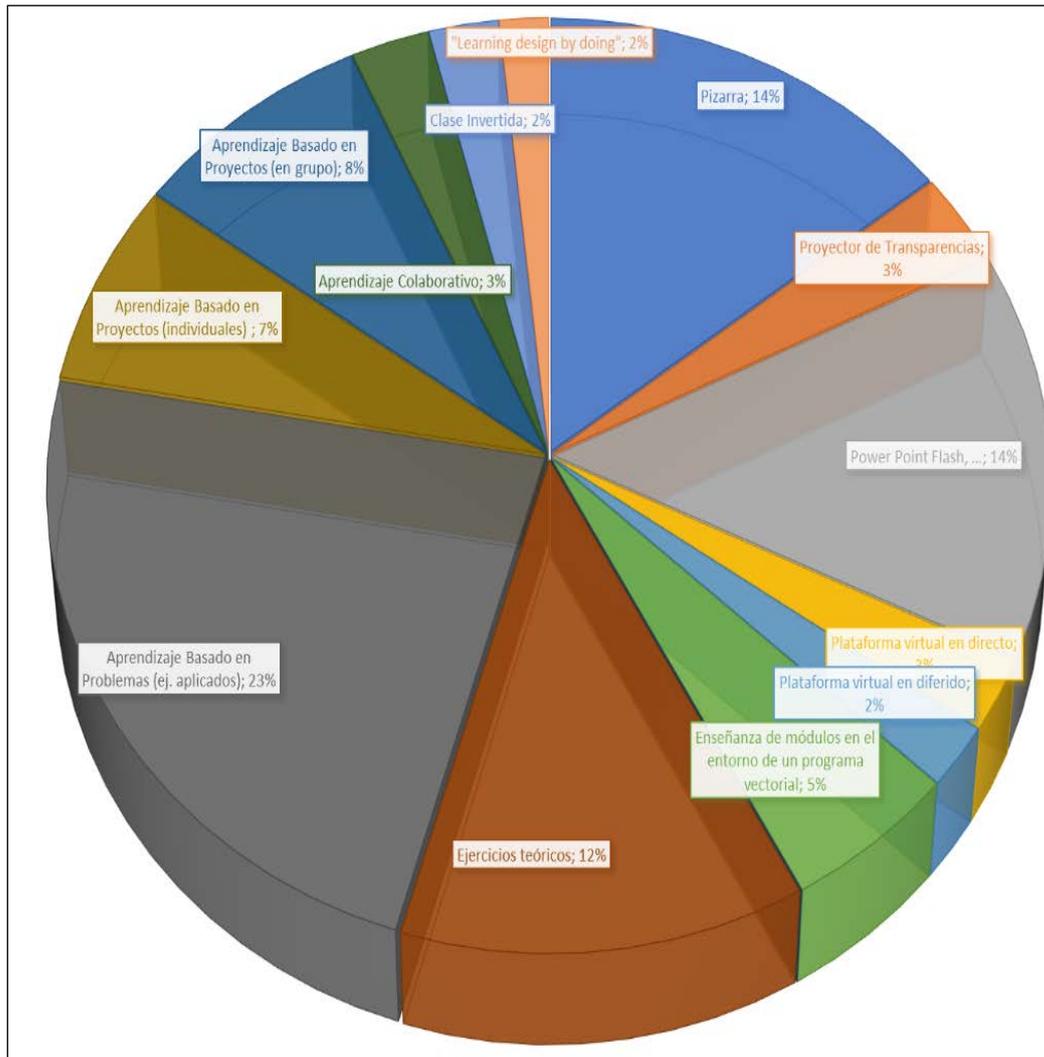


Figura 17. Métodos de enseñanza/aprendizaje en el aula globales.

La Figura18 muestra el porcentaje de cada método (magistral y no magistral) desglosado por cada grupo de titulaciones. Cabe destacar que el aprendizaje basado en proyectos está especialmente recomendado en el Grado de Diseño Industrial, mientras que en el resto tiene optan por el aprendizaje basado en problemas. En Ingeniería Civil y Agrónoma siguen apostando por el uso de métodos tradicionales, como las explicaciones en pizarra y la resolución de ejercicios teóricos, como principal metodología docente. Llama la atención que en el grupo de Grados afines a la Ingeniería Química se siga recomendado la presentación mediante transparencias en niveles similares a la presentación con Ordenador (Power Point, Flash, Prezi...) (10%), o a la pizarra (13%)

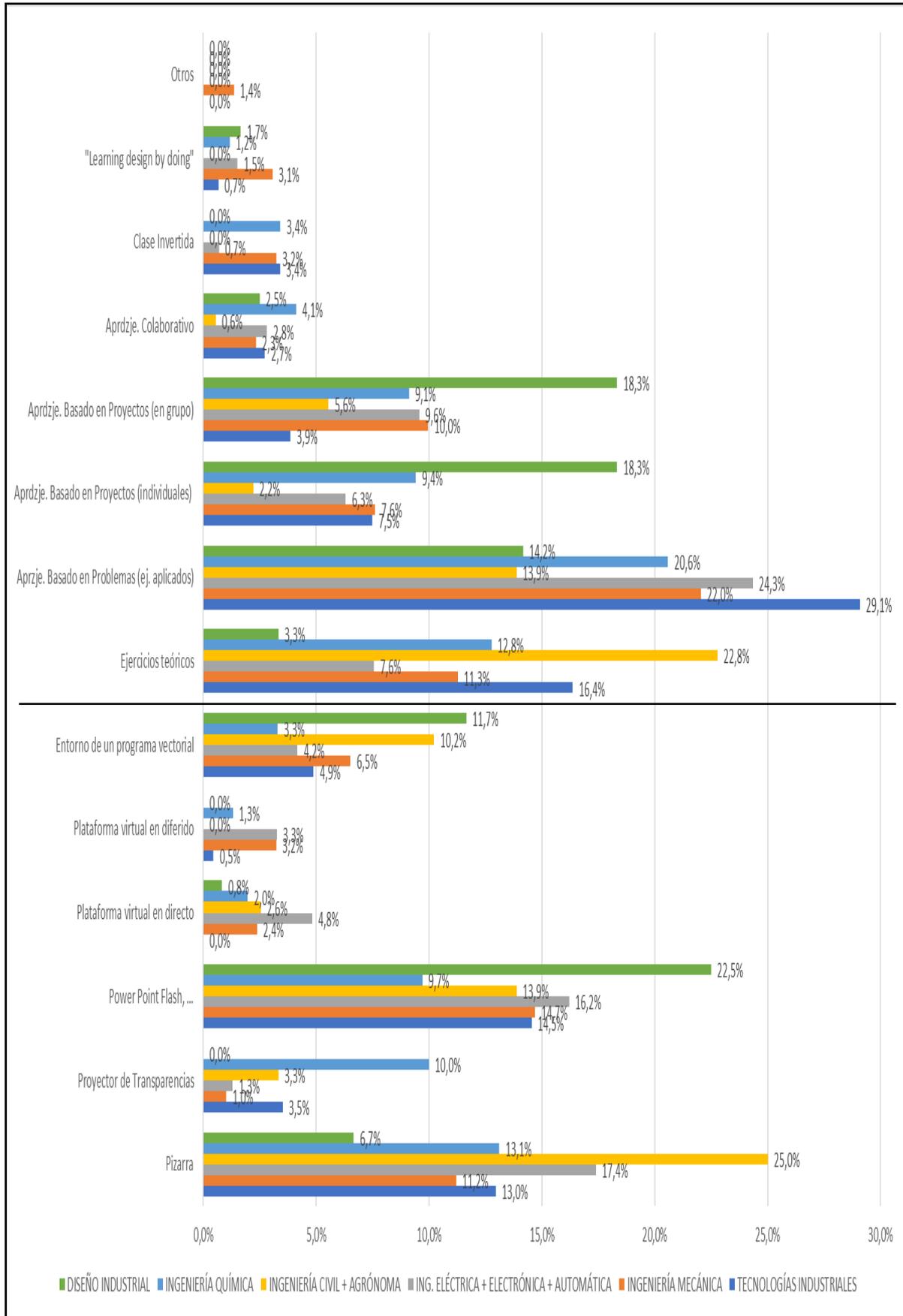


Figura 18. Métodos de enseñanza/aprendizaje en el aula por titulación. Abajo: Magistrales. Arriba: No Magistrales.

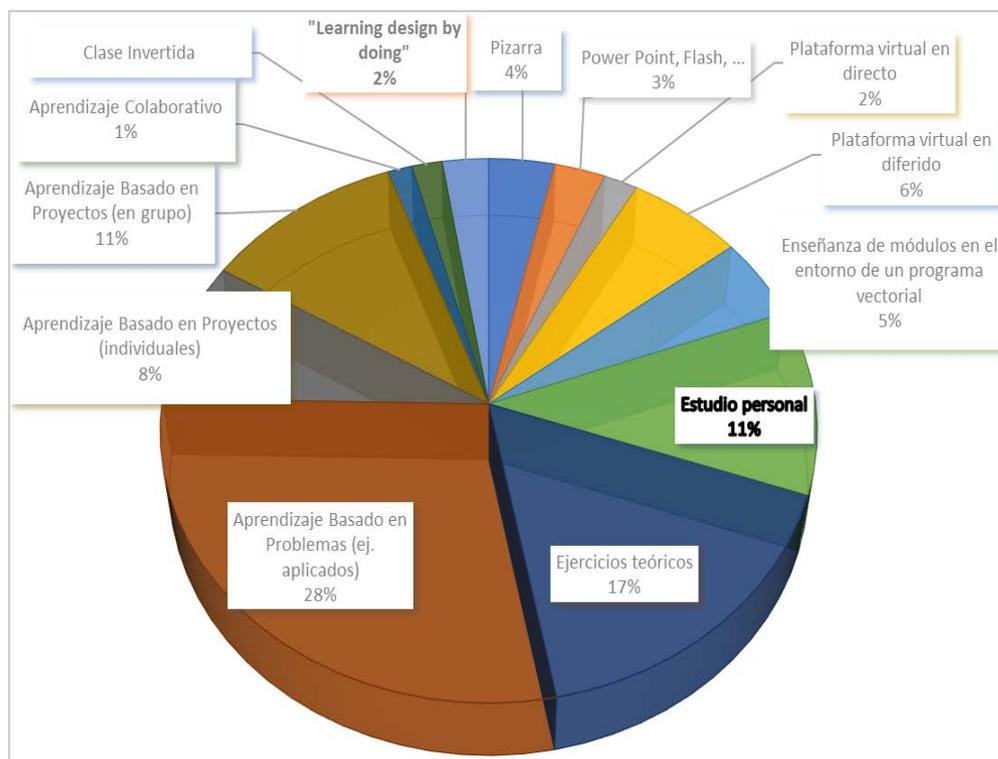


Figura 19. Métodos de aprendizaje autónomo del alumno.

En relación con el aprendizaje autónomo del alumno (Figura 19), los encuestados apuestan por reforzar la práctica de habilidades y capacidades (72%), frente a un 28% del tiempo dedicado al estudio de conceptos teóricos (estudio personal).

Las respuestas sobre qué instrumental emplear en clase y en el trabajo autónomo del alumno (Tabla 7), son similares. La principal herramienta propuesta para impartir la docencia, muy por encima de todas las demás (52%), es el equipamiento informático (ordenadores, tabletas, móviles, etc.), seguido del bocetaje (25%) y de los instrumentos clásicos de dibujo a lapicero (17/22%).

Tabla 7. Instrumental de Enseñanza y Aprendizaje autónomo del alumno.

4.B. INSTRUMENTAL DE DIBUJO Y DISEÑO EMPLEADO:	Enseñanza	Aprendizaje autónomo
Bocetaje a mano alzada en A4 y/o A3	20,2%	20,7%
Bocetaje a mano alzada en papel cuadriculado o milimetrado	4,2%	4,2%
Regla, cartabón, escuadra, compás	17,2%	21,9%
Tinta	0,0%	0,0%
Plantillas (letras , curvas, símbolos)	1,5%	1,4%
Ordenador (incluye Tablet y teléfono inteligente)	52,2%	48,6%
Tableta digitalizadora 2D	0,0%	0,1%
Ratón 3D	0,1%	0,1%
Impresora 2D	1,6%	1,9%
Impresora 3D	0,7%	0,5%
Scanner (luz estructurada, triangulación, fotogrametría, LiDAR)	0,7%	0,7%
Instrumental topográfico clásico (nivel, estación)	0,7%	0,0%
Instrumental topográfico con Nuevas Tecnologías (GNSS, Sistemas láser)	0,6%	0,0%
OTROS:	0,0%	0,1%

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos en la encuesta son representativos de la opinión de los docentes de las asignaturas adscritas al Área de Conocimiento Expresión Gráfica en la Ingeniería (EGI) en las universidades españolas. Sin embargo, no son suficientemente representativos los resultados correspondientes a Métodos de enseñanza/aprendizaje, debido a que un número elevado de encuestados respondieron parcialmente (tabla 4).

Es fundamental que los ingenieros de cualquier disciplina adquieran habilidades y destrezas gráficas suficientes para saber expresar sus ideas gráficamente, tener visión espacial, representar gráficamente un producto y redactar el documento Planos de un Proyecto Técnico.

Es muy importante que sepan manejar con soltura programas infográficos y sean capaces de diseñar productos innovadores con creatividad.

Los actuales Planes permiten alcanzar un mayor nivel que antaño en el manejo de programas infográficos y el Diseño de Productos con Creatividad e Innovación, pero han disminuido en las tres habilidades consideradas fundamentales.

La evolución y abaratamiento de las tecnologías infográficas en los últimos 30 años ha cambiado radicalmente el instrumental de dibujo y diseño, así como la capacidad de abordar con mayor eficiencia la representación gráfica de objetos con una topología mucho más compleja.

La Geometría Métrica se considera conocimiento previo, excepto en el ámbito Agroforestal y Civil.

La enseñanza presencial tiene como objetivo dotar de conceptos, habilidades y destrezas en Dibujo Técnico e Industrial. Para lograrlo se dedica en torno al 40%, del tiempo disponible, a clases magistrales sobre:

- Enseñanza/aprendizaje de Dibujo Técnico (Industrial y/o de la Construcción) y de Dibujo Industrial. Los Grados en Tecnologías Industriales, Diseño Industrial e Ingeniería Mecánica, son los que más tiempo destinan.
- Enseñanza de Geometría Métrica y Proyectiva, dirigida a resolver problemas de Dibujo Técnico. Los Grados de Ingeniería Civil y Agroforestal, son los que dedican más tiempo.
- Diseño Asistido por Ordenador (DAO), dirigida a la realización de modelos para su posterior fabricación y verificación. En las titulaciones afines a las Ingenierías Mecánica, Civil y Agroforestal el peso es mayor que la media.
- Diseño Industrial. Puesta en práctica de las habilidades y destrezas de representación adquiridas.

El otro 60% del tiempo disponible se persigue los mismos objetivos, mediante el empleo de metodologías de aprendizaje aplicadas y participativas que, por orden de importancia, son:

- Resolución de problemas aplicados y teóricos (35%).
- Realización de proyectos individuales y colectivos (15%).
- Aprendizaje colaborativo, clase invertida, "Learning by doing" (10%). Su escasa introducción probablemente se deba a que son poco conocidas y difíciles de extrapolar a grupos numerosos o con escasos recursos materiales.

Cabe destacar que el aprendizaje basado en proyectos está especialmente recomendado en el Grado de Diseño Industrial, mientras que en el resto optan por el aprendizaje basado en problemas. En Ingeniería Civil y Agroforestal siguen apostando por el uso de métodos tradicionales, como las explicaciones en pizarra y la resolución de ejercicios teóricos, como principal metodología docente.

El aprendizaje autónomo del alumno lo debe destinar a mejorar habilidades y capacidades (72%) y el resto al estudio de conceptos teóricos (estudio personal).

El instrumental propuesto para las clases presenciales coincide con el empleado fuera de ella; con el siguiente orden de importancia: Equipamiento informático (52%), Bocetaje (24%), Instrumentos clásicos de dibujo a lapicero (17%), resto (7%).

Existe unanimidad en que:

- Las TIC entren de lleno en el mundo docente, minimizando los instrumentos de dibujo lineal tradicionales (escuadra, cartabón, compás y papel) y suprimiendo papel vegetal, plantillas y tinta china.
- El croquizado sigue plenamente vigente. Por ello sería interesante incorporar la enseñanza de esta técnica e insistir en las coordinaciones de las EBAU sobre la importancia de que adquieran esta habilidad antes de llegar a Ingeniería.
- Del estudio realizado destaca la gran variabilidad de métodos de enseñanza/aprendizaje adoptados por los profesores, resultado de la necesidad de adaptarse a lo que la sociedad tecnológica exige de los alumnos y la adecuada redistribución de contenidos impartidos en función de la disciplina técnica a considerar.
- Se demuestra que la Universidad española viene organizando su formación en el ámbito de los gráficos en ingeniería siguiendo patrones homogéneos en función de grupos de titulaciones bien definidos. Dentro de la variabilidad existente en cuanto a metodologías de enseñanza/aprendizaje utilizadas, se observa homogeneidad en dicha evolución, aumentando el uso de técnicas infográficas y del ordenador, incluso para la impartición de contenidos teóricos. También destaca la tendencia cada vez mayor a primar contenidos de CAD y dibujo/diseño técnico-industrial, frente a otros más tradicionales como la geometría métrica/proyectiva.

IV.2. Aprendizaje y Enseñanza de Ingeniería Gráfica en el Mundo del Siglo XXI

Para enfocar adecuadamente el futuro de la Expresión Gráfica en España, es fundamental conocer la tendencia existente en distintas universidades del mundo.

Es también significativa la situación de los países mediterráneos más cercanos y afines a España en general y a Ingegraf en particular. Se trata de las descripciones y opiniones versadas por representantes de la asociación italiana ADM (Italian Association of Design Methods and Tools for Industrial Engineering) y la francesa S.mart (Systems. Manufacturing. Academics. Resources. Technologies). Ambas asociaciones tienen como objetivo principal agrupar al colectivo de profesionales, investigadores y docentes relacionados con la ingeniería, tecnología y capacitación, incidiendo especialmente en el campo de la expresión gráfica.

1. La enseñanza/aprendizaje de Gráficos en Ingeniería en Francia e Italia

En el capítulo III.1 de la presente publicación [Paredes], se puede constatar que en Francia se está abordando la docencia de la Expresión Gráfica en Ingeniería desde tres frentes bien diferenciados: el dibujo a mano alzada, el dibujo técnico tradicional en papel y el modelado CAD en 3D. En la etapa pre-universitaria, en el bachillerato, se ha observado, durante la última década, una disminución progresiva de la formación en la expresión gráfica en 2D a lápiz para beneficio exclusivo de la expresión 3D en CAD. En los estudios universitarios la presencia del CAD está muy extendida, hasta tal punto que, en algunos institutos universitarios, no se incluye la enseñanza de dibujo técnico manual. Esta situación no está generalizada, pues por ejemplo en el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas (INSA) se alterna la representación gráfica técnica a mano con el uso del ordenador, estando las aulas equipadas con equipos informáticos y con tableros de dibujo.

En Italia, tal y como se puede leer en el capítulo III.2 [Di Napoli], los contenidos básicos de Expresión Gráfica son similares en todas sus universidades, pese a que, como también ocurre en España, los nombres de sus asignaturas sean muy variados: *Dibujo*, *Dibujo Técnico*, *Dibujo Industrial*, *Dibujo Técnico Industrial*, *CAD*, *Diseño de Máquinas*, *Métodos de Representación*, etc. La similitud de contenidos de planes docentes se favorece por el hecho de que la gran mayoría de ellos tienen como libro de texto de referencia una misma publicación. Las principales diferencias se dan entre las universidades del norte y sur de Italia debido al histórico desarrollo industrial que ha habido en torno a las primeras. No obstante, se puede deducir en dicho estudio que en los Planes de Estudios se combina principalmente el bocetaje a mano alzada y el modelado CAD por ordenador, dejando en desuso el dibujo técnico tradicional en papel. También queda patente que el bloque dedicado a la enseñanza de los principios mecánicos de máquinas y sistemas tiene un papel muy relevante y no siempre fácil de homogeneizar.

2. Universidades y Centros Tecnológicos reconocidos mundialmente

En capítulo III.3, [Otero] expone una imagen precisa de la situación del Área de Expresión Gráfica a nivel internacional y las tendencias actuales en la enseñanza/aprendizaje de la misma en el campo de la Ingeniería Mecánica.

Para tener una perspectiva acerca de dicho panorama, el autor ha consultado los contenidos disponibles en la web de algunas de las universidades mejor posicionadas en el ranking ARWU (Shangai) en Ingeniería Mecánica. Se observa que, en la mayoría de ellas, especialmente en asignaturas de primer año, buena parte de los contenidos están relacionados con el dibujo técnico (croquizado o *sketching*, y definición de vistas, tanto ortográficas como axonométricas) y Diseño Asistido por Ordenador.

Estos contenidos se ven complementados mayoritariamente por normalización (convenciones y estándares), acotación, diseño de conjuntos y prototipado, dejando contenidos tradicionales como la geometría métrica y proyectiva en un lugar mucho menos destacado. Se observa que, gracias a la introducción del DAO en el aula, hay una aparente tendencia a trabajar combinando el bocetado en papel (que se usa de forma intensiva) y el modelado en ordenador, para obtener posteriormente planos y representaciones normalizadas. La formación del alumno en el área se ve posteriormente complementada con disciplinas como fabricación, prototipado o herramientas que fomentan las competencias creativas, como el *Visual Thinking* aplicado a la fase de diseño conceptual de productos.

3. Discusión de resultados y conclusiones

El análisis de estas 12 reputadas universidades y/o Centros Tecnológicos se ha limitado a asignaturas del primer curso del grado de Ingeniería Mecánica, tampoco ha tenido acceso a los programas detallados, por lo que no se pueden establecer paparelismos fiables con todos los factores evaluados en la encuesta. No obstante, sí podemos comparar objetivos, tendencias metodológicas y el instrumental empleado en diferentes ámbitos de nuestra área de conocimiento para cogerle el pulso al estado actual de la profesión y detectar las carencias y necesidades que tienen nuestros egresados cuando salen al mercado ingenieril:

- El objetivo queda claramente definido: capacitar al alumno en la realización de los planos requeridos para la construcción de un producto, centrando los esfuerzos en la enseñanza aplicada del Dibujo Técnico Industrial o de Construcción, reduciendo al máximo el tiempo dedicado a la explicación de contenidos teóricos de geometría métrica y proyectiva.
- Ninguno de los Centros Extranjeros analizados incluye el BIM en sus planes de Estudio, esta situación coincide con el resultado de la encuesta, en la que se propone dedicar tan solo un 0,7% del total de horas disponibles (1,4% en la titulación más favorable) a la enseñanza de BIM o MBD y a Realidad Virtual. Como es evidente su importancia y la urgencia de capacitar a los ingenieros para que utilicen esta metodología y el software adecuado en sus proyectos de construcción, podemos concluir que esta materia se considera debe ir adscrita a otra Área de Conocimiento.

- Lo mismo ocurre con la RV (Realidad Virtual) y la Realidad Aumentada, herramientas fundamentales, la primera para la simulación de prototipos virtuales y la segunda para la presentación del producto mediante el empleo de las mejores técnicas disponibles. De los resultados parece deducirse que esta materia debe ir adscrita a otra Área.
- Todos los centros reputados, coinciden en utilizar como medios para la presentación del producto, la mano alzada y el ordenador con un programa de Dibujo y Diseño por Ordenador; algunos incluyen también el dibujo manual a escala. Esta situación se repite en las universidades francesas, en las italianas y en las españolas (en la encuesta se propone dedicar un 76% de horas lectivas y otro porcentaje similar del trabajo autónomo del alumno a la realización de ejercicios o proyectos a mano alzada, como paso previo al diseño final mediante el uso de un programa CAD). Ver figuras 18 y 19.

Agradecimientos

A todos los profesores y universidades participantes en la encuesta, sin cuya participación no hubiera sido posible la obtención de estos resultados que esperamos nos sean útiles a todos los profesores del Área de Conocimiento de Expresión Gráfica en la Ingeniería

Univ. Alicante (UA), Univ. Almería (UALM), Univ. Cádiz (UCA), Univ. Cantabria (UC), Univ. Córdoba (UCO), Univ. Girona (UGI), Univ. Jaén (UJ), Univ. Jaume I (UJ I), Univ. La Rioja (UR), Univ. León (ULE), Univ. Málaga (UMA), Univ. Oviedo (UO), Univ. Navarra (UNA), Univ. País Vasco (UPV-EHU), Univ. Pol. Cataluña (UPC), Univ. Pol. Cartagena (UPCt), Univ. Pol. Madrid (UPM), Univ. Pol. Valencia (UPV), Univ. Pública de Navarra (UPNA), Univ. Sevilla (USE) y Univ. Zaragoza (UZ).

Grupo de Investigación SIMonE
(Simulation, Imaging, Modeling on Engineering)

Universidad de La Rioja
Logroño (España), Junio 2019
ISBN 978-84-09-12347-6