



Implementación de prácticas no convencionales integrando competencias transversales en estudiantes de aeronáutica.

A. Tiseira^a, L.M. García-Cuevas^a, P. Quintero^a, J. García-Tíscar^a

anti1@mot.upv.es, luiga12@mot.upv.es, pedquiig@mot.upv.es, jorgarti@mot.upv.es.

^aUniversitat Politècnica de València, Camino de Vera, s/n, 46022, Valencia, España.

Abstract

During the last years, it is well known that the curricula of the different engineering firms have undergone drastic changes in all the countries belonging to the European Union. Specifically, one of the concepts that can be derived from the application of the Bologna Plan, and with which the Universitat Politècnica de València is specially committed, is the need to provide the student with a series of transversal competences, common to all similar degrees, that are of help to him during the development of his professional life. One of the most widespread methods for the development of these competences is the design of group work for practical application. This work proposes a group project, developed within the framework of the subject of the third year of the Aerospace Engineering Degree (GIA), consisting of the design and construction of a glider demonstrator, with the aim of treating, jointly, several of the specific and transversal competences of the degree. A detailed description will be made of the design of the project and an analysis of the results obtained after its application, from the academic year 2015-2016 in the subject Aerospace Technology II.

Keywords: team, design, construction, aircraft, test, competition, integration, transversal skills, specific skills.

Resumen

Durante los últimos años, es bien sabido que los planes de estudio de las diferentes ingenierías han sufrido drásticos cambios en todos los países pertenecientes a la Unión Europea. En concreto, uno de los conceptos que se pueden derivar de la aplicación del Plan Bolonia, y con el que la Universitat Politècnica de València está especialmente comprometida, es la necesidad de proporcionar al alumno una serie de competencias trasversales, comunes a todas las titulaciones semejantes, que le sean de ayuda durante el desarrollo de su vida profesional. Uno de los métodos más extendidos para el desarrollo de

estas competencias consiste en el diseño de trabajos en grupo de aplicación práctica. Este trabajo propone un proyecto grupal, desarrollado en el marco de la asignatura de tercer curso del Grado de Ingeniería Aeroespacial (GIA), consistente en el diseño y construcción de un demostrador de planeador, con el objetivo de tratar, de forma conjunta, varias de las competencias específicas y transversales de la titulación. Se realizará una descripción pormenorizada del diseño del proyecto y un análisis de los resultados obtenidos tras su aplicación, desde el curso académico 2015-2016 en la asignatura Tecnología Aeroespacial II.

Palabras clave: *equipo, diseño, construcción, aeronaves, test, competición, integración, competencias transversales, competencias específicas.*

1. Introducción.

En el diseño del grado en Ingeniería Aeroespacial de la Universitat Politècnica de València (UPV), se deben concretar dos tipos de competencias que los estudiantes deben desarrollar: específicas y transversales. Las primeras son las propias de un ámbito o título, y están orientadas a la consecución de un perfil específico del egresado. Estas vienen definidas mediante la orden CIN 312 (Orden CIN/312/2009). Estas competencias deben ser trabajadas por cada una de las materias compuesta por un grupo de asignaturas. En el marco del grado en Ingeniería Aeroespacial (GIA), las competencias específicas definen de forma oficial el grado. Por su parte, las competencias transversales son aquellas competencias que son clave y transferibles en relación a una amplia variedad de contextos personales, sociales, académicos y laborales a lo largo de la vida. La UPV pone de manifiesto una serie de ellas. El mecanismo empleado es sencillo, y consiste en aplicar competencias definidas a lo largo del grado en diferentes asignaturas.

Toda esta descripción basada en competencias comienza a desarrollarse con el principio de la implantación del plan Bolonia. La formación en ingeniería en Europa ha experimentado importantes cambios desde entonces (Joshi. 2009). En particular, la formación en el ámbito de la ingeniería aeroespacial necesita tender a aumentar su nivel de exigencia debido, principalmente, a dos razones: por un lado, la industria aeroespacial está adquiriendo un papel clave en un gran número de países en Europa. Por otro lado, existe la tendencia, cada vez más acusada, de determinar las capacidades de los estudiantes de acuerdo a los dos tipos de competencia descritas con anterioridad (UK HE Europe Unit, 2007).

La inclusión, de las competencias transversales en el desarrollo de una titulación, busca una acreditación internacional rápida y sencilla. El reconocimiento a nivel internacional ayuda a la visibilidad de la universidad y de los estudiantes del GIA. Al mismo tiempo, la aplicación de éstas puede tener como consecuencia las siguientes ventajas:

- Proporcionar a sus egresados un valor añadido que puede diferenciarlos de otros y, en consecuencia, hacer más atractivos los estudios ofertados frente a ofertas similares de otras universidades.
- Poner en valor la capacitación de nuestros egresados de cara a los empleadores.
- Explicitar la adquisición de las competencias de cara a acreditaciones internacionales.

Esta forma de trabajo se justifica por la creciente competitividad en la industria aeroespacial. El ámbito profesional debe hacer frente a la exigencia en términos de trabajos cualificados demandando coordinación, trabajo grupal, ingenio, esfuerzo e innovación. El fundamento se encuentra bajo el estudio realizado sobre docencia en la rama aeronáutica por (Fletcher, 1997), quien describe el fenómeno de la exigencia en la aeronáutica desde comienzos del siglo XXI, con la polarización de la industria por dos grandes corporaciones. Por medio de este escenario, Estados Unidos y Europa exigen más a los nuevos profesionales que deben tener mayor número de habilidades que generaciones anteriores (M. Lapins 1997). Debido a la mencionada competencia en esta industria, el problema de educar a los ingenieros aeroespaciales es global (Joshi. 2009). Además, la declaración de Bolonia y el Espacio Europeo de Educación Superior (UK HE Europe Unit 2007) hacen necesaria una mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La evaluación se hace más dinámica y basada en el corto plazo. Por eso los alumnos tienen que madurar más rápido el conocimiento. Se necesitan nuevas iniciativas, proyectos y metodologías para proporcionar a los futuros ingenieros (Joshi. 2009) una visión integral de los aspectos prácticos de la ingeniería, que no solo conforman científicos y diseñadores, sino también profesionales que puedan abordar problemas multidisciplinares, incluyendo el diseño, la fabricación, las finanzas y los planes de negocios, entre otros (Hwa. 2006). En este punto, las actividades e instalaciones de enseñanza que acercan a los estudiantes a situaciones semejantes a la vida real en la industria aeroespacial son esenciales para avanzar en el procedimiento de enseñanza-aprendizaje y contribuir a estimular al estudiante a adquirir conocimientos.

En este contexto, este trabajo pretende mostrar el diseño de un proyecto en el marco de la asignatura Tecnología Aeroespacial II del GIA. Esta asignatura es cursada por alrededor de 30 estudiantes por año. Se imparte en el segundo semestre del tercer curso, por lo que los estudiantes han cursado asignaturas como Tecnología Aeroespacial, Mecánica de Fluidos, Ampliación de Mecánica de Fluidos y Estructuras. El diseño del proyecto se lleva a cabo atendiendo a tres puntos de vista:

- La unión o integración de competencias transversales. La asignatura trabaja y evalúa las siguientes competencias transversales: aplicación y pensamiento práctico; innovación, creatividad y emprendimiento; diseño y proyecto; trabajo en equipo y liderazgo.
- El desarrollo de un trabajo que desarrolla competencias específicas de la asignatura.
- Las cuestiones vertidas sobre los estudiantes para analizar sus incertidumbres, capacidades y autoexigencias (conocer sus límites en torno a trabajos y estudio).

Se pueden aplicar diferentes metodologías para enseñar a los estudiantes de ingeniería aeroespacial sobre temas en relación a las aeronaves y la relación de las mismas con la física del vuelo. En este sentido, sería deseable una combinación de enfoques teóricos y experimentales para obtener los objetivos deseados. Existe una amplia cantidad de literatura enfocada a este contexto. Esta información se puede encontrar fácilmente en algunos libros de este campo (Sazhin, 1997) (Anderson Jr, 2002), por partes separadas a nivel teórico. Para completar el enfoque teórico, una de las posibles alternativas es la del uso de herramientas de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), (Franchini, 2009), (Smith, 2011). Con esto se pueden obtener descripciones detalladas del campo fluido en una región de interés de una aeronave. Sin embargo, los tiempos de cálculo pueden ser largos y los requisitos computacionales son altos

para una aplicación docente destinada a un número elevado de alumnos (Slotnick 2014) a pesar, incluso, del espectacular incremento en potencia computacional que se ha ido generando durante los últimos años. Otra alternativa es la utilización de una instalación experimental compleja, como puede ser un túnel de viento. El alto coste de este tipo de instalaciones y su reducida capacidad para ser usadas por un gran número de alumnos en paralelo reduce su utilidad. Además, se vuelve complejo el trabajar todas las competencias transversales mencionadas anteriormente. Por todo esto, se plantea una actividad de aprendizaje basado en proyectos, que ha cumple con lo siguiente: integra cuatro competencias transversales distintas, mantiene el interés de los estudiantes por la carrera, fomenta una sana competitividad entre alumnos, basada en la cooperación e integra la teoría con la práctica.

La metodología educativa propuesta se basa en la información teórica estudiada en las clases magistrales y se apoya en la calidad del procedimiento experimental. La metodología se divide en seis acciones (saber, discernir, diseñar, construir, probar y evaluar) que representan diferentes y nuevos niveles de exigencia para el estudiante. Las primeras acciones tienen como objetivo principal que los estudiantes conozcan y se familiaricen con la teoría. Durante las dos acciones posteriores los estudiantes diseñan y construyen un modelo de planeador mediante materiales asequibles y manejables. En las últimas dos se realizan diferentes pruebas y mejoras hasta la competición asociada a la última fase del trabajo. Una vez terminado el proceso del trabajo se realiza un estudio de valoración por parte de los estudiantes participantes del trabajo.

2. Actividad de los estudiantes

El trabajo se basa en una metodología tipo “piensa - diseña - construye - prueba” y se ha diseñado para que el estudiante pueda aplicar los conocimientos adquiridos hasta la fecha, proporcionándoles una comprensión de los fenómenos generales que pueden observarse para el equilibrado de fuerzas de una aeronave sin motor, un planeador a escala.

Al comienzo del trabajo, los estudiantes abordan, mediante herramientas teóricas y analíticas, los diferentes fenómenos que generan las fuerzas y momentos sobre el planeador. Tras esto, deducen las condiciones necesarias para realizar el equilibrado de la aeronave para que realice un vuelo rectilíneo. Continúan evaluando las fuentes de inestabilidad durante el vuelo y estudian cómo reducirlas. Con todo esto, son capaces de determinar el nivel de estabilidad longitudinal y lateral de un planeador, lo que les permite realizar un diseño con un tamaño máximo delimitado. Es entonces cuando los estudiantes pueden construir su diseño usando materiales como madera, papel, goma, corcho o tela. Con el planeador construido, analizan su vuelo, de modo que son capaces de corregir y mejorar el diseño y acabar con un diseño final. Su diseño final será el que usarán durante la competición.

Al final del trabajo, los estudiantes deben enviar un informe técnico por escrito con una descripción del procedimiento de diseño, evaluación del equilibrado, peso final del planeador y el análisis de los resultados obtenidos en la competición.

3. Metodología

El objetivo general del trabajo es el diseño y construcción de un planeador pequeño dentro de unas limitaciones de tamaño establecidas. El planeador ha de realizar un vuelo no propulsado en el que ha de recorrer la mayor distancia posible sin desviarse demasiado de un plano

vertical durante su recorrido. De este modo, los estudiantes trabajan de forma natural la competencia transversal de diseño y proyecto.

A lo largo del semestre, los estudiantes reciben los conocimientos sobre el equilibrado y la estabilidad de las aeronaves. En el temario se detalla la evolución de la aeronáutica desde los primeros tiempos en el siglo XIX con el vuelo sin motor y con demostradores (planeadores de 50 cm de largo) que se utilizaban para ensayar distintas configuraciones y determinar cómo afectaba la posición del centro de gravedad relativa al centro aerodinámico. Uno de los precursores de estos planeadores ha sido el célebre inglés Sir George Cayley, determinando el equilibrio entre las fuerzas mencionadas y su posicionamiento, condicionando la posición relativa del ala a lo largo del fuselaje y la importancia del ángulo de ataque en dicho equilibrio del ala (Gibbs-Smith, et al. 1974). Por otra parte, en el temario se presentan soluciones que han sido implementados en el campo de la industria aeronáutica para mejorar la eficiencia en vuelo de las aeronaves en general. Por lo tanto, los estudiantes deben hacer un planeador inspirados en la teoría y ser capaces de evaluar el vuelo y mejorar, si es preciso, el diseño. Como base del trabajo, los alumnos partirán de la solución para aeronave sin motor propuesta por Cayley y agregar a su diseño algún tipo de ayuda aerodinámica que posibilite la mejora de sus prestaciones.

Los estudiantes se dividen en grupos de 2. El profesor funciona como un asesor y brinda al principio del trabajo una hoja de ruta, para que los estudiantes organicen las distintas tareas que componen el trabajo. La primera tarea es una reunión general donde se informa, tanto del trabajo, como las etapas que contiene el mismo: los límites de construcción; los materiales permitidos; los posibles diseños; las pruebas de vuelo; la competición y el cronograma de las tareas. El aprendizaje se hace a través de la creación y no por actividad pasiva. En la Tabla 1, se detallan las tareas y el cronograma que se utiliza como guía para los estudiantes:

Tabla 1. Cronograma de las tareas desarrolladas por los estudiantes en el trabajo

Tarea	½ mes	1 mes	1 ½ mes	2 mes	2 ½ mes	3 mes	3 ½ mes	4 mes
1. Reunión general de grupos.								
2. Definir el tipo de planeador								
3. Elaboración de un diseño,								
4. Búsqueda de materiales								
5. Elaboración de piezas								
6. Armado								
7. Pesado y centrado								
8. Evaluación con vuelos de prueba								
9. Rediseño o mejora de materiales								
10. Presentación del diseño definitivo								
11. Concurso de competición								

Para cada una de las tareas se necesita mantener una coordinación y una disciplina constante a lo largo de todo el proceso para cumplir con el tiempo establecido. Exige, por parte del alumnado, una evaluación crítica sobre las acciones realizadas por cada miembro del equipo de modo que se cometan la menor cantidad posibles de errores y evitar el retraso del proyecto. Es obligatorio presentar un modelo de competición debidamente pensado y justificado por el grupo. Cada modelo debe ser diferente, asegurando que los estudiantes trabajan la competencia transversal de innovación, creatividad y emprendimiento. Como se ha comentado, se

organiza una reunión en la que participan todos los grupos. El motivo de la reunión es generar ideas que permitan centrar a los alumnos en sus respectivos modelos sin ser copias. Ante esta primera toma de contacto con el trabajo, los estudiantes se sienten atraídos a la vez que confundidos debido a que, generalmente, no se han enfrentado a este tipo de trabajos con anterioridad. En los comentarios aportados por los estudiantes se evidencia un claro optimismo a la vez que cierta desconfianza por las tareas a realizar y hasta dónde se considera un trabajo bien hecho.

Debido a la amplitud del trabajo, es necesario fomentar la colaboración entre grupos, promoviendo discusiones para intercambiar ideas. Este intercambio se hará más evidente durante la fase de construcción. Durante el proceso de elaboración del trabajo será inevitable que se generen dudas entre los estudiantes. No obstante, éstas se enumerarán y se discutirán entre todo el grupo durante las sesiones conjuntas. Gracias a estas actividades, es posible trabajar la competencia transversal de trabajo en equipo y liderazgo.

La competición final está organizada como indica la figura 1. En ésta se puede apreciar la forma de eliminación de los planeadores quedando sólo los mejores. Sin embargo, los eliminados tienen una rueda de perdedores. El mejor de los perdedores luego se enfrenta al mejor de los ganadores. Esta forma se mantiene a todos los grupos en la competición en gran parte de ella.



Figura 1. Diagrama de ganadores y perdedores del certamen de competición



Figura 2. Ejemplo de dos planeadores que han sido construidos por los alumnos.

La Figura 2, se pueden observar distintos modelos desarrollados por diferentes grupos. Después de ser encuestados, los estudiantes aseguran que los modelos han sido objeto de múltiples modificaciones y que buscaron soluciones consultando asignaturas pasadas. Al finalizar el curso, los estudiantes coinciden en que la experiencia es motivadora e integra varios conocimientos vistos en temarios de distintas asignaturas, además de trabajar la competencia transversal de aplicación y pensamiento práctico.

La evaluación de las competencias transversales de trabajo en equipo y liderazgo y de diseño y proyecto se realiza aplicando la siguiente escala de observación, en la que se presentan 4 niveles: totalmente de acuerdo (A), bastante de acuerdo (B), poco de acuerdo (C) y totalmente en desacuerdo (D):

- Trabajo en equipo y liderazgo
 - El líder explica correctamente las ideas y organiza las tareas
 - Se organizan correctamente
 - Mantienen una buena actitud y relaciones entre compañeros
 - Intercambian ideas dentro entre grupos
- Diseño y proyecto
 - El concepto de diseño es original y poco convencional
 - El diseño es razonablemente complejo pero abarcable por los estudiantes
 - La fabricación y el montaje son razonablemente complejos pero realizables con las herramientas proporcionadas
 - El planeador realiza un vuelo largo sin salirse del plano vertical

4. Resultados de las encuestas

Durante los tres años que se ha instaurado este trabajo integral, los estudiantes han mostrado un gran interés en llevarlo a cabo. Al finalizar el curso, los alumnos realizan una encuesta. El objetivo final de la misma es mejorar la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje. La encuesta es anónima y se plantean las siguientes preguntas sobre los contenidos y el desarrollo de esta actividad:

1. ¿La metodología del trabajo y la actividad realizada ayudaron a aprender?
2. ¿Los materiales empleados recomendados para hacer el trabajo son correctos, son fáciles para manipular?
3. ¿Las etapas definidas y la programación de las mismas se ajustan a los ritmos de clase?
4. ¿Es positivo el rol del profesor como asesor del proyecto?

Las respuestas se pueden ver en la Figura 3, donde TDA significa totalmente de acuerdo, MDA significa medianamente de acuerdo, IN significa indiferente, PDA significa poco de acuerdo y NS/NC significa no sabe o no contesta. En general, los resultados son muy positivos.

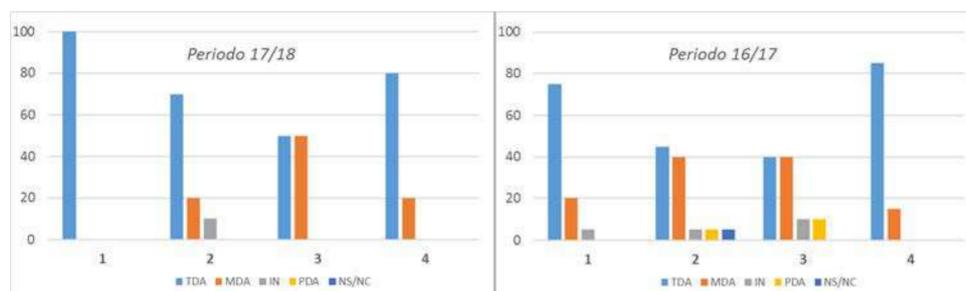


Figura 3- Resultados de la encuesta sencilla sobre el trabajo.

5. Conclusiones

A lo largo de este trabajo, se ha desarrollado una propuesta enfocada al diseño de un trabajo de aplicación práctica de las competencias específicas abordadas en el marco del Grado en Ingeniería Aeroespacial de la UPV. Al mismo tiempo, se ha justificado la necesidad de que,

durante el proceso de realización, se aborden de forma paralela cuatro de las trece competencias trasversales propuestas por la Universitat en el plan de estudios: (i) aplicación y pensamiento práctico; (ii) innovación, creatividad y emprendimiento; (iii) diseño y proyecto y (iv) trabajo en equipo y liderazgo.

En particular, se propone un trabajo práctico enfocado a alumnos de tercer curso, que les permita hacer uso de las herramientas presentadas durante asignaturas anteriores. El proyecto se basa en el diseño completo de un planeador a partir de primeros principios, y en su evaluación empírica. Esta metodología se ha aplicado con éxito desde el curso académico 2015-2016 hasta la actualidad. Mediante la evaluación de encuestas subjetivas y los resultados de la asignatura, se ha podido observar cómo se ha producido una mejora sustancial tanto en las competencias específicas adquiridas, como en las competencias trasversales y en el nivel de motivación del alumnado.

Referencias

- Anderson Jr, J. D., *Introduction to Flight 7ª Ed.* (2011), McGraw-Hill Education, New York, ISBN 9780073380247
- Franchini, S., López García, O., “Introducción a la Ingeniería Aeroespacial, 2ª Ed. (2011), Garceta grupo editorial, Madrid, ISBN 9788492812905
- Gibbs-Smith, C. H., “Sir George Cayley, Father of Aerial Navigation (1773-1857)”. *The Aeronautical Journal*, Vol .78(760), 1974, pp. 125-133.
- Hwa, N . K., Ng, J., From rocket scientists to financial engineers. *Engineering Science and Education Journal*, Vol. 11(1), 2002, pp. 25-28.
- Joshi, D. S., Viewpoint: Aerospace education for 2000 and beyond, *International Journal of Engineering Education*, Vol. 13(2), 2009, pp. 138-142.
- Lapins, M., Aerospace engineering education: An industry view from a preliminary design perspective, *International Journal of Engineering Education*, Vol. 13(5), 1997, pp. 376-379.
- Orden CIN/312/2009, de 9 de febrero, “Requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Aeronáutico” BOE N°42 pp. 17192-17196
- Fletcher, L. S., “Aerospace engineering education for the 21st century”, Vol. 41. Nos 4 IO. pp. 691 699. 1997-0 1998 International Astronautical Federation. Published by Elsevier Science Ltd.
- Sazhin S. S., Teaching mathematics to engineering students, *International Journal of Engineering Education*, Vol. 14(2), 1998, pp. 145-152.
- Slotnick, J. et al. “CFD vision 2030 study: a path to revolutionary computational aerosciences”, NASA Technical Report NASA/CR-2014-218178, 2014.
- Smith, M. K., Computational fluid exploration as an engineering teaching tool, *International Journal of Engineering Education*, Vol. 25(6), 2009, pp. 1129-1144.
- UK HE Europe Unit Guide to the Bologna Process-Editions 1&2, http://www.europeunit.ac.uk/news/publications_archive.cfm, 2007.