

## El portafolio como herramienta para la integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en asignaturas del Área de Máquinas y Motores Térmicos

Pedro Piqueras<sup>a</sup>, Joaquín de la Morena<sup>b</sup>, Pau Bares<sup>c</sup> y Enrique José Sanchis<sup>d</sup>

Universitat Politècnica de València, Departamento de Máquinas y Motores Térmicos.

<sup>a</sup>pedpicab@mot.upv.es, <sup>b</sup>joadela@mot.upv.es, <sup>c</sup>pabamo@mot.upv.es y <sup>d</sup>ensanpac@mot.upv.es.

### *Abstract*

This work shows the results obtained from applying the portfolio tool in subjects belonging to the Thermal Machines and Engines Area taught in the Aerospace Engineering Degree at the UPV. It is intended to improve the results in Case Study activities carried out in each subject and related to each other to make students aware of the UN Sustainable Development Goals related to aeronautical propulsion.

**Keywords:** ODS, Portfolio, Case Study, Engineering, Jet Engines.

### *Resumen*

En este trabajo se muestran los resultados obtenidos de aplicar la herramienta del portafolio en asignaturas del Área de Máquinas y Motores Térmicos del Grado en Ingeniería Aeroespacial de la UPV. Se pretende mejorar los resultados en actividades de Estudio de Caso realizadas en cada asignatura, relacionadas entre sí, dando a conocer al alumnado los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU relacionados con la propulsión aeronáutica.

**Palabras clave:** ODS, Portafolio, Estudio de Caso, Motores a Reacción, Ingeniería.

## INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas se ha evidenciado la necesidad de incorporar metodologías docentes activas para mejorar el grado de implicación del alumnado en el proceso de enseñanza-aprendizaje y, por tanto, su propia eficiencia. Se ha pasado de un concepto de enseñanza centrado en la transmisión de conocimientos por parte del docente a un enfoque en el que el alumno se convierte en el actor principal (Adorjan, 2013). Entre las herramientas utilizadas para tal fin está la del portafolio del estudiante (Balart, 2015). Esta herramienta se ha demostrado particularmente útil a la hora de mejorar la motivación, alcanzándose niveles superiores de aprendizaje (Quintana, 2014) **Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Además, experiencias previas han mostrado que el portafolio puede resultar un buen complemento de metodologías de aprendizaje basados en el empleo de nuevas tecnologías (Poza-Luján, 2015).

Por otra parte, la sociedad demanda que el estudiantado adquiera conocimientos técnicos, con la misma profundidad que en épocas precedentes, apoyados sobre una serie de

competencias transversales (CT) útiles para su posterior desempeño profesional. Habilidades como la capacidad de trabajo en grupo, de comunicarse de forma eficiente a nivel escrito y oral o la gestión del tiempo suelen encontrarse entre las más demandadas por las empresas. Por este motivo, la Universitat Politècnica de València puso en marcha un proyecto institucional enfocado al desarrollo de estas competencias en sus titulaciones (UPV, 2022).

En el caso de la asignatura *Propulsión*, obligatoria de tercer curso del Grado en Ingeniería Aeroespacial (GIA) y núcleo de la innovación analizada en este trabajo, desde hace varios años se vienen abordando ambos aspectos siguiendo una estrategia basada en el empleo de Estudios de Caso (Palau, 2016). Por un lado, dicha metodología ofrece la posibilidad de abordar un problema real integrando el diseño de aerorreactores con los conceptos básicos desarrollados en clases magistrales. Por otro lado, el Estudio de Caso se realiza de forma grupal, siendo la actividad vehicular para el desarrollo y evaluación de la *CT06 – Trabajo en equipo y liderazgo*, de la que la asignatura es punto de control en la titulación.

No obstante, en los últimos años se han encontrado ciertas problemáticas. Por una parte, el número de estudiantes que cursan la asignatura ha aumentado de manera progresiva, lo que ha dificultado el seguimiento pormenorizado de la actividad de cada grupo, y en especial, del trabajo individual de cada integrante. Además, *Propulsión* es la base para asignaturas cursadas posteriormente (mención de Aeromotores o Máster), por lo que trabajar el interés por esta área ayuda a mejorar la motivación futura del alumnado. En un contexto con connotaciones negativas hacia los motores térmicos debido al cuestionamiento social sobre su impacto medioambiental, fomentar la discusión crítica sobre la dificultad del problema se convierte, además de en un aspecto fundamental para su formación, en una oportunidad para el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, cabe reconocer que, si bien existe una relación directa entre el estudio de caso planteado en *Propulsión* y contenidos de asignaturas sucesivas en torno al problema del impacto ambiental, esta relación no era explícita. De algún modo, se perdía la opción de discutir y razonar sobre la problemática en su generalidad, más allá de los contenidos académicos propios de cada asignatura, cuando en realidad eran de aplicación directa al problema social planteado. Por tanto, se desaprovechaba parte del potencial del método empleado desde el punto de vista de mejora de la motivación y formación del alumno.

## OBJETIVOS

El objetivo principal de la innovación es fomentar y mejorar la coordinación vertical de una serie de asignaturas del área de Máquinas y Motores Térmicos del Grado en Ingeniería Aeroespacial. Esta mejora se vertebrará a través de su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 7 (Energía sostenible y no contaminante) y 13 (Acción por el Clima) de las Naciones Unidas, así como el programa de investigación Clean Sky impulsado por la Unión Europea: Se ha utilizado la herramienta del portafolio como elemento de coordinación y seguimiento de la actividad del alumnado. En este sentido se definen dos subobjetivos. Por un lado, el rediseño del Estudio del Caso de la asignatura *Propulsión*, incorporando el portafolio del estudiante como una estrategia de seguimiento de su actividad. Por otro lado, la integración de los ODS 7 y 13, centrada en la discusión sobre la reducción de emisiones contaminantes en transporte aéreo, utilizando el propio portafolio en el transcurso de las distintas asignaturas.

## METODOLOGÍA

El portafolio propuesto se estructura en tres fases a lo largo de tres asignaturas consecutivas del plan de estudios. La primera fase corresponde a *Propulsión* (3Bº GIA), mientras que la segunda y tercera fase se desarrollan en la mención de Aeromotores, en particular en las asignaturas *Combustión* (4Aº GIA) y *Aerorreactores y Aeroacústica* (4Bº GIA).

En cada asignatura se ha propuesto un trabajo a realizar en grupo. Debido al diferente número de estudiantes de las asignaturas involucradas (en torno a 130 en *Propulsión* y 30 en las asignaturas posteriores) se ha adaptado el tamaño medio, siendo de 5 y 3 miembros respectivamente. Se ha implementado una metodología tipo Puzzle de Aronson (Ahís, 2020), en la que se definen roles relacionados con aspectos concretos de la ejecución de cada trabajo. De este modo, cada estudiante se ha responsabilizado de tareas concretas ante el resto de sus colaboradores, limitando en lo posible situaciones donde la carga de trabajo pudiera estar claramente desnivelada dentro del grupo. Además, se han realizado reuniones grupales entre el profesorado y los responsables de cada rol durante la ejecución de los trabajos. En ellas, el profesorado ha definido una guía común, que debía ser posteriormente transmitida por el responsable al resto de componentes del grupo. Además, se ha dado un espacio para la discusión común entre responsables de cada hito con distintos enfoques. La primera fase de la metodología se basa en el análisis termodinámico de los aerorreactores (Piqueras, 2021), centrada en la relación entre sus parámetros de diseño y las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes. Se pretende así que el estudiante comprenda las estrategias utilizadas para alcanzar la meta 7.3 de los ODS (*de aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética*) en el ámbito aeronáutico. El trabajo se divide en tres partes: una revisión sobre la evolución del diseño de los motores turbofán, un análisis del impacto de las condiciones de vuelo en un motor turbojet, y una síntesis que relaciona ambos estudios.

En lo que se refiere a la organización del trabajo, se han propuesto los siguientes roles:

- Coordinador del trabajo. Será el responsable de la gestión y coordinación general del grupo, promoviendo un cronograma inicial y reuniones de seguimiento intermedias.
- Coordinador de la base de datos. Será el responsable de coordinar la búsqueda de información sobre los parámetros de diseño y prestaciones de motores turbofán.
- Coordinador del análisis de ciclo. Será el encargado de coordinar las simulaciones del ciclo termodinámico del motor turbojet, realizadas con el programa GasTurb.
- Coordinador de conservación de datos y graficado. Será el responsable de gestionar los datos del estudio bibliográfico y de las simulaciones, así como el material gráfico.
- Coordinador de informe de resultados. Se asegurará de que la entregar, que incluye una presentación con las conclusiones técnicas, un informe de gestión y la base de datos, sean coherentes en estructura y respondan a los objetivos del caso.

Considerando que la asignatura *Propulsión* es punto de control de la CT06 – *Trabajo en equipo y liderazgo*, en el curso 2020/21 se decidió que la formación de los grupos fuera realizada por el profesorado. Se buscaba así promover que el alumnado aprendiera a colaborar con compañeros y compañeras menos habituales, además de homogeneizar su composición según criterios como la procedencia académica (otros grados, cursos puente, Erasmus, etc.). Posteriormente, el grupo se encargaría repartir los roles según la descripción previa.

Las fases II y III del trabajo profundizan en la relación existente entre aspectos tecnológicos del motor y el control de su impacto ambiental. En este caso se consideran, además del CO<sub>2</sub>, otras emisiones gaseosas como óxidos de nitrógeno (NOx) o partículas carbonosas, junto a la contaminación acústica, de particular relevancia en aplicaciones aeronáuticas. Por la diferente naturaleza de las asignaturas implicadas (*Combustión y Aerorreactores y Aeroacústica*), la fase II se centra en la influencia del diseño y gestión de la cámara de combustión, mientras que la fase III analiza la problemática de forma más global. Para cubrir con cierta profundidad aspectos tecnológicos se propone que cada grupo aborde una temática específica, si bien las conclusiones de cada trabajo se exponen a todo el alumnado en sesión pública. Los temas son propuestos inicialmente por el profesorado, estando relacionados con las metas 7.2 (*de aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas*), 7.a (*de aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias*) y 13.2 (*incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales*). No obstante, se deja abierta la posibilidad de proponer temáticas alternativas, respetando el ámbito del impacto ambiental, así como de decidir si se aborda cada tema de forma general o centrándose en aspectos tecnológicos concretos. Además, en la fase III se pide incluir una reflexión final sobre el impacto ambiental de los aerorreactores, así como sobre la metodología empleada en el conjunto de las tres asignaturas.

La Tabla 1 reporta las temáticas y roles propuestos en ambas fases, así como las metas específicas de los ODS 7 y 13 con que se relacionan las temáticas propuestas.

*Tabla 1. Detalles de las fases II y III del portafolio*

	<b>Fase II: Combustión</b>	<b>Fase III: Aerorreactores y Aeroacústica</b>
<b>Temáticas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Biocombustibles (7.2, 7.a)</i></li> <li>• <i>Hidrógeno (7.2, 7.a)</i></li> <li>• <i>Otros combustibles alternativos (7.2, 7.a)</i></li> <li>• <i>Oxicombustión (7.a, 13.2)</i></li> <li>• <i>Combustión premezclada (7.a)</i></li> <li>• <i>Combustión diluida(7.a)</i></li> <li>• <i>Sistemas de encendido (7.a)</i></li> <li>• <i>Atomizadores (7.a)</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ruido en turbofan y turbojet (7.a)</i></li> <li>• <i>Ruido en turbohélices y open rotor (7.a)</i></li> <li>• <i>Técnicas de reducción de ruido (7.a)</i></li> <li>• <i>Técnicas de medida de ruido (7.a)</i></li> <li>• <i>Normativa de emisiones (7.a)</i></li> <li>• <i>Emisiones contaminantes (7.a)</i></li> <li>• <i>Emisiones GHG (13.2)</i></li> <li>• <i>Electrificación de aeronaves (7.3, 13.2)</i></li> </ul>
<b>Roles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Coordinador de revisión bibliográfica</i></li> <li>• <i>Coordinador de análisis tecnológico</i></li> <li>• <i>Coordinador de presentación y aspectos formales</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Coordinador de contenidos</i></li> <li>• <i>Coordinador de redacción de contenidos</i></li> <li>• <i>Coordinador de presentación y aspectos formales</i></li> </ul>

## RESULTADOS

A continuación, se describen algunos de los resultados alcanzados tras el primer año de aplicación de la metodología (curso 2020/21), centrándose, por tanto, en la primera fase del portafolio. En consecuencia, las conclusiones deben considerarse aún de carácter parcial, alcanzándose una visión más completa una vez finalice el actual curso (2021/22).

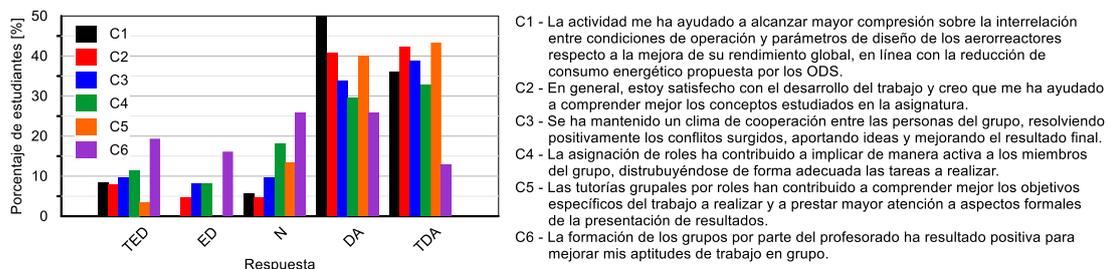
La impresión general del profesorado involucrado es que la metodología está funcionando de forma satisfactoria. La principal ventaja observada es la mayor implicación del alumnado. En cursos previos muchos de los grupos realizaban una gran parte del trabajo en fechas muy próximas a su entrega, por lo que la profundidad del análisis era limitada. En cambio, la definición de los roles e hitos intermedios, así como la realización de las tutorías grupales por roles, han hecho que el trabajo se aborde actualmente con al menos un mes de antelación.

Aunque la muestra se reduce a un curso académico, se ha evidenciado un aumento de la nota del trabajo a 7.28, desde un promedio de 7.01 en los años anteriores (Tabla 2). Esto supone un aumento medio del 3.85%. Más significativa es la desaparición de grupos que no han alcanzado el aprobado, por primera vez desde que se imparte la asignatura. En contrapartida, se ha identificado que, también por primera vez, no aparecieron trabajos excelentes (con nota igual o superior a 9). El análisis preliminar del profesorado, refrendado por conversaciones con los estudiantes, parece indicar una relación con el cambio en la composición de los grupos. Al impartirse la asignatura en tercer curso, la formación de los grupos por parte del alumnado permitía aprovechar en ciertos casos dinámicas positivas de trabajo previamente construidas, aunque también promovía que se formaran grupos de estudiantes con dinámicas negativas. En el curso actual se ha propuesto volver a dejar la formación de los grupos en manos del alumnado, con el fin de identificar de forma más robusta el efecto individual de la implementación de la metodología.

Tabla 2. Resultados académicos del Estudio de Caso la Fase I.

	Últimos 4 cursos	Curso 2020/21
Nota media trabajo	7.01±0.81	7.28±0.66
% suspensos (<5)	7.42±1.2	0
% aprobados (5-6.9)	43.9±4.5	42.06
% notables (7-8.9)	41.2±5.6	57.94
% sobresalientes (>9)	7.49±2.5	0

La Figura 1 muestra los resultados de una encuesta de satisfacción realizada de forma anónima al alumnado tras la finalización de la metodología. Se plantearon 6 cuestiones que cubrían tanto el aprendizaje a nivel técnico como aspectos de organización, valoradas en 5 niveles desde “Totalmente en desacuerdo (TED)” a “Totalmente de acuerdo (TDA)”. Se puede observar que la opción “TDA” es siempre la mayoritaria, lo que evidencia que en general el estudiantado valoró de forma positiva la metodología utilizada. No obstante, la cuestión 6, centrada en la valoración de la formación de los grupos, muestra la mayor dispersión, lo que ha refrendado la decisión de dejar de nuevo la formación de grupos en manos del alumnado y evaluar la metodología sin la influencia de este aspecto.



El otro aspecto nuclear durante el curso actual es dotar de continuidad a la metodología en torno a los ODS. Si bien la vinculación entre el trabajo desarrollado y los ODS se subrayado reiteradamente a lo largo de la asignatura de *Propulsión*, se ha evidenciado que menos de un 20% de los grupos ha establecido dicho vínculo en las conclusiones del estudio. Para corregir esto, se han diseñado nuevas actividades encaminadas a evidenciar la relación del trabajo con la meta 7.3 de los ODS en el curso 2021/22. Por otra parte, se espera que, tras afrontar las fases 2 y 3, el alumnado tenga una mayor visión de conjunto sobre la problemática, y esto sirva para cohesionar y dar sentido a los resultados alcanzados en el curso recién terminado. A este respecto, los resultados estarán disponibles al finalizar el presente curso académico.

## CONCLUSIONES

El presente trabajo describe una metodología basada en la implementación del portafolio del estudiante como herramienta de coordinación de diversos estudios centrados en el impacto ambiental de los aerorreactores, en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Dichos estudios se desarrollan en tres asignaturas consecutivas del área de Máquinas y Motores Térmicos del Grado en Ingeniería Aeroespacial. Los resultados del primer año de implementación de la metodología evidencian una mayor implicación del alumnado, resultando en una mejor planificación de los trabajos y un aumento de la nota media del mismo respecto a años anteriores. Además, se ha realizado una encuesta de satisfacción del alumnado, con resultados positivos. Finalmente, se han evidenciado dos puntos de posible mejora de la actividad, uno respecto a la composición de los grupos de trabajo y otro relativo a la capacidad de los estudiantes para relacionar el mismo con los ODS, que se están abordando específicamente en el curso actual.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Universitat Politècnica de València a través del proyecto PIME 20-21/204.

## REFERENCIAS

- Adorjan, A., Friss de Kereki, I. (2013). Design of activities for CS1: A competences oriented approach (unpacking the Informed Design Teaching and Learning Matrix). *Computing Conference (CLEI) 2013 XXXIX Latin American*.
- Ahís, M., Proyecto reflexivo de co-evaluación y auto-evaluación formativa utilizando la técnica del Puzzle de Aronson dentro del Aprendizaje Cooperativo. *Congreso In-Red 2020*, Universitat Politècnica de València. <http://dx.doi.org/10.4995/INRED2020.2020.11984>
- Balart, C., Cortés, S. (2015). El uso del portafolio digital como estrategia para evaluar competencias de aprendizaje en el contexto de la formación inicial docente. *Contextos* 34, 111-123.
- Palau, C.V., Arviza, J., Balbastre, I. (2016). Método del caso aplicado a la asignatura de Ingeniería del Riego del grado de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural. *Congreso In-Red 2016*, Universitat Politècnica de València. <http://dx.doi.org/10.4995/INRED2016.2016.4293>
- Piqueras, P., de la Morena, J., Bares, P., Sanchis, E.J. (2021). Case study-based learning using a computational tool to improve the understanding of the jet engine cycle for aerospace engineering degree students. *Computer Applications in Engineering Education* 29(6), 1857-1870. <https://doi.org/10.1002/cae.22427>
- Poza-Luján, J.L., Cabrera, M., Rebollo, M., Calduch, A., Díez-Somavilla, R., Lloret, N., Despujol, I., Alborsí, A., Teruel, L. Experiencia en el uso del portafolio por medio de las redes sociales. *Congreso In-Red 2015*, Universitat Politècnica de València. <http://dx.doi.org/10.4995/INRED2015.2015.1572>
- Quintana, M.G.B., Sáez, J.L.C., Fernández, M.A.P. (2014). Use of PLE-portfolio to assess the competency-based learning through web 2.0 in technical engineering education. *International Journal of Engineering Education* 30(3), 675-682.
- Universitat Politècnica de València (UPV). Conoce el proyecto de las competencias transversales UPV. <http://www.upv.es/contenidos/COMPTRAN/info/955709normalc.html> [Consulta: 8 de mayo de 2022].