

DISEÑO CONCURRENTE DE UNA MISIÓN ESPACIAL COMO RETO EDUCATIVO

P. Salgado Sánchez^{1*}, J. M. del Cura¹, J. M. Fernández², D. Zorita²,
A. Laverón-Simavilla¹, J. Rodríguez¹, A. M. Fernández³, J. M. Ezquerro¹, A. Bello¹,
K. Olfe⁴ y V. Lapuerta¹

1: GIE AEROespacial MATemáticas INnovación
pablo.salgado@upm.es

https://innovacioneducativa.upm.es/informacion_grupo?grupo=180

2: Departamento de Aeronaves y Vehículos Espaciales, ETSIAE, UPM

3: Airbus D&S

4: E-USOC, UPM

<https://www.eusoc.upm.es/>

Resumen. Proponemos combinar el Aprendizaje Basado en Retos (ABR) y el aprendizaje de Diseño Concurrente como metodología, aprovechando la participación de la UPM en el reto *ESA Concurrent Design Challenge*. El reto consiste en el diseño preliminar de una misión espacial sujeto a un documento de requisitos. Se realizará bajo la supervisión de expertos, colaborativa y paralelamente con otras Universidades y Centros europeos, y utilizando una herramienta de diseño concurrente. La duración será de una semana. Al término de cada día, se hará un seguimiento y una puesta en común con dichas Instituciones. Posteriormente, se espera que los alumnos utilicen el Diseño Concurrente aplicado al estudio de la factibilidad de un nanolanzador. Este estudio será supervisado análogamente por profesionales de la industria del sector. A los alumnos con mejor rendimiento, se les permitirá ampliar su trabajo en colaboración con la industria.

Palabras clave: Aprendizaje Activo, Aprendizaje Basado en Retos, Aprendizaje Cooperativo, Aprendizaje Experiencial, Aprendizaje Orientado a Proyectos, Aprendizaje permanente-Life Long Learning (LLL), Autoaprendizaje-Aprendizaje Autónomo.

1. Aprendizaje basado en retos y diseño concurrente

Es inherente al ser humano el afán por entender, resolver y superarse, aspectos en los que la educación, desde etapas tempranas de aprendizaje hasta la formación universitaria, cobra un papel fundamental y en los que la palabra reto adquiere todo su significado. Se entiende reto como “los problemas de la sociedad cuya solución se busca mediante el desarrollo de actividades de investigación fundamental científica y técnica”. Prueba de ello, son los planes de mejora adoptados por diversos gobiernos, orientados a la consecución de estos [1].

El término Aprendizaje Basado en Retos (ABR) o en inglés: *Challenge Based Learning* (CBL), se atribuye a la empresa Apple, cuando en 2008 llevó a cabo el proyecto “*Apple Classrooms of Tomorrow-Today*”, donde los alumnos trabajaban en equipo, no solo entre los compañeros, sino también con profesorado y expertos en el área del ámbito del trabajo [2]. El ABR también se relaciona con la Instrucción Basada en Retos del Centro de Investigación en Ingeniería (VaNTH ERC) [3]. Este Centro implementó en el año 2000 una serie de innovaciones en educación que se asentaban fundamentalmente en dos pilares: un marco de referencia llamado *How People Learn* (HBL, Cómo Aprenden las Personas) [4], y un diseño instruccional conocido como

Software Technology Action Reflection Legacy Cycle (STAR, Tecnología de Software para la Acción y Reflexión). A la integración de ambos elementos lo llamaron *Challenge Based Instruction* (Instrucción Basada en Retos).

A pesar de las diferencias entre los desarrollos de dichas entidades, sus proyectos comparten la existencia de un reto a resolver, el trabajo en equipo y la publicación de la solución, aspectos que definen ampliamente el ABR como filosofía de aprendizaje. Además, incluyen el uso de herramientas tecnológicas y otros recursos, necesarios en el propio proceso de resolución. Expertos en la materia (profesores y/o profesionales de la industria, según el tipo de reto) apoyan a los alumnos durante todo el proceso.

En el ámbito de la Ingeniería, por otra parte, es posible entender el diseño como recurso o herramienta para el desarrollo de soluciones. Cualquier problema complejo puede ser redefinido a enunciados más sencillos interdependientes, por ejemplo, una misión espacial completa, y la órbita o el subsistema de potencia del vehículo espacial, respectivamente. Dicha interdependencia necesita de herramientas de apoyo en el proceso de diseño que identifiquen, de manera rápida y clara, posibles incongruencias. El término Diseño Concurrente [5] (o Ingeniería Concurrente) surge en 1988 para referirse a la metodología que integra procesos y tiene en cuenta todos los aspectos de la solución de manera conjunta, destacando la importancia de las interrelaciones entre distintos subdiseños dentro de un diseño completo. Contrariamente a la metodología tradicional, el Diseño Concurrente busca abordar de forma simultánea todos los subsistemas. Especialistas de cada disciplina colaboran en el proceso de diseño, que se enmarca en sesiones conjuntas compartiendo un mismo espacio, donde las dependencias son identificadas y comunicadas instantáneamente, permitiendo reducir errores y en consecuencia, el tiempo de diseño.

Nuestra propuesta busca combinar la metodología de ABR y el Diseño Concurrente aplicado a la resolución de un problema complejo de Ingeniería Aeroespacial. La primera etapa se enmarca en el proyecto *ESA Concurrent Engineering Challenge* (ESA CEC) de la *ESA Academy* [6] (división de la Agencia Espacial Europea (ESA) dedicada a la formación), donde los estudiantes trabajarán de manera intensiva en el diseño una misión espacial durante una semana. Posteriormente, los alumnos realizarán el reto “Estudio de factibilidad de un nanolanzador”, propuesta promovida por el grupo Airbus, pudiendo dar uso a las herramientas de diseño concurrente con las que previamente han trabajado.

El grupo piloto se compone de alumnos de 2º de *Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica* (MUIA) de la intensificación de Vehículos Espaciales (VE). Se desarrollará a lo largo del primer semestre del curso 2018-2019 en las asignaturas de *Ingeniería de Sistemas y Diseño preliminar de Vehículos Espaciales* (ISyDPVE), y *Segmento Tierra y Lanzamiento* (STyL). Se esquematiza en la Figura 1 la secuencia temporal del proyecto incluyendo los principales elementos de la propuesta, sus dependencias y el estatus actual.

2. Reto de Diseño Concurrente – *Concurrent Engineering Challenge* (ESA CEC)

Para el reto, los alumnos se dividirán en pequeños equipos de 2 ó 3 estudiantes según las siguientes disciplinas de una misión espacial: estructuras, configuración del vehículo, sistema de potencia, mecanismos, sistema de control térmico, sistema de control de actitud y órbita, sistema propulsivo, análisis de misión y, comunicaciones y *data handling*. Previo a su comienzo, los alumnos recibirán formación sobre el uso de la herramienta abierta de diseño concurrente *Open Concurrent Design Tool* (OCDT) [7] de manos de personal de la ESA.

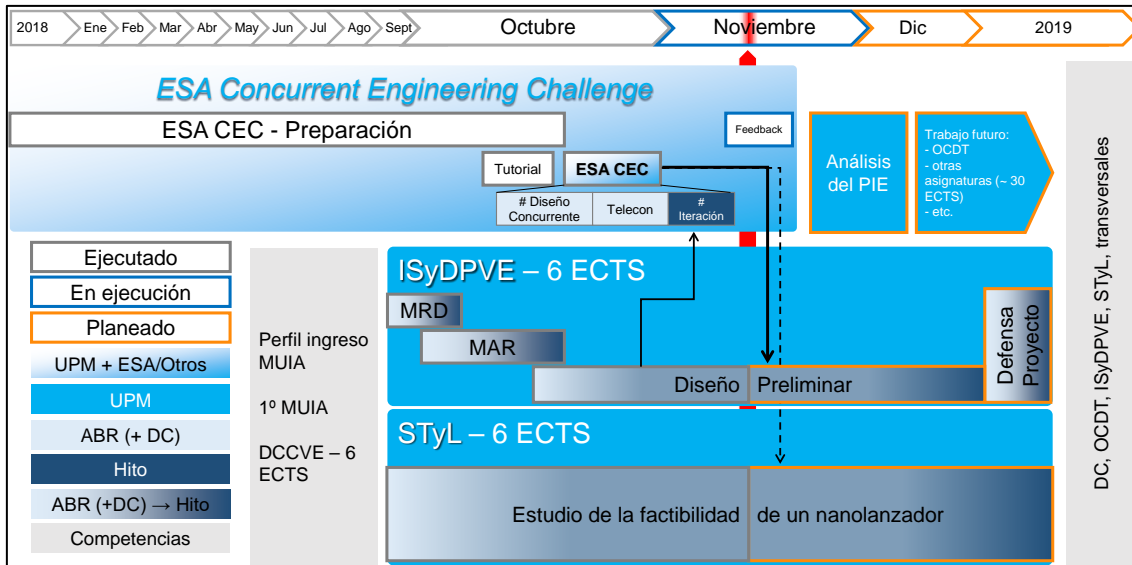


Figura 1. Desarrollo temporal del PIE "Diseño Concurrente de una misión espacial como Reto Educativo".

El reto tendrá una duración de una semana, en la que los alumnos estarán trabajando durante todo el día en el Aula de Diseño Concurrente (*Concurrent Design Facility, CDF*) implementada en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio (ETSIAE), una sala de ordenadores con las herramientas de diseño necesarias y capacidad para teleconferencias. Al inicio de la semana, se hará público el documento de requisitos de la misión espacial (*Mission Requirements Document, MRD*), para el cual el equipo de estudiantes desarrollará su diseño. Durante las sesiones, los alumnos estarán apoyados de manera ininterrumpida por profesorado de la ETSIAE y expertos en ingeniería de sistemas de la empresa SENER.

En paralelo, estudiantes de la Universidad Tecnológica de Lulea (Suecia) [8], Universidad Tecnológica de Delft (Holanda) [9] y estudiantes seleccionados por la ESA en el European Space Security and Education Centre (ESEC) (Bélgica) [10] trabajarán sujetos al mismo documento de requisitos. Cada día, al término de la sesión de Diseño Concurrente, las Universidades y ESEC presentarán su estado del diseño y discutirán las soluciones planteadas vía teleconferencia. Para ello, cada grupo de especialistas de cada Centro preparará un resumen y lo defenderá en inglés. Al finalizar la semana, cada Institución habrá llegado a una solución de diseño particular y los resultados se pondrán a disposición de todos los participantes. La participación en el reto, se certificará mediante un diploma a su completión.

3. Estudio de la factibilidad de un nanolanzador (STyL) y Diseño preliminar de una misión espacial (ISyDPVE)

Los grupos de trabajo definidos durante la semana del Reto de Diseño Concurrente trabajarán posteriormente en el "*Estudio de la factibilidad de un nanolanzador*", en el marco de la asignatura STyL. Se incluye aquí, no sólo la definición de los requisitos básicos del mismo en cuanto a coste, carga de pago, órbita de referencia, etc., sino su propio reto en el diseño: ¿nanolanzador más ecológico?, ¿el más económico?, etc., promoviendo la toma de iniciativas, la capacidad de decisión, la responsabilidad sobre el trabajo y la exposición de resultados.

Se llevará a cabo un seguimiento periódico del desarrollo de los trabajos mediante presentaciones orales de los avances, y se mantendrá una discusión abierta. La

finalización del proyecto se materializará en un informe final para evaluación por el profesorado y profesionales de la industria. Los Estudios de mejor calidad, recibirán un diploma de Airbus [11] y los alumnos autores tendrán la posibilidad de continuar su colaboración con la empresa.

Si bien no es necesario para el desarrollo del estudio, se espera que los estudiantes usen la metodología de diseño concurrente por las ventajas que ésta presenta, desarrollando de manera autónoma las capacidades trabajadas previamente.

Asimismo, en la asignatura ISyDPVE se propondrá un reto similar al trabajo a desarrollar durante ESA CEC. Durante el semestre, los alumnos deberán definir los requisitos de la misión (MRD), realizar el análisis de misión (MAR) y diseñar preliminarmente el segmento espacio de la misma. Finalmente, el trabajo será defendido públicamente y evaluado por el profesorado de la asignatura.

4. Conclusiones y resultados esperados

Proponemos combinar el Aprendizaje Basado en Retos (ABR) y el aprendizaje de la metodología de Diseño Concurrente, incluyendo el uso de la herramienta OCDT específica para ese fin, en el ámbito de la Ingeniería Aeroespacial.

Con la participación en el Reto de Diseño Concurrente de la ESA, los alumnos tendrán, no sólo que enfrentarse al reto técnico del diseño de una misión espacial en el marco del diseño concurrente, sino que aplicar sus capacidades de síntesis y comunicativas en inglés. Además, tendrán la oportunidad de conocer a estudiantes de otras Universidades y compartir sus experiencias durante la semana. Se espera que el desarrollo de estas capacidades sea de ayuda en el posterior reto: Estudio de la factibilidad de un nanolanzador, para lo que podrán aplicar todos los conocimientos y habilidades adquiridos de la metodología de Diseño Concurrente.

Los resultados obtenidos serán comparados, dentro de las limitaciones inherentes a una muestra pequeña de alumnos (en torno a 20 alumnos) y la difícil repetitividad del proceso, con resultados académicos de años previos. Además, se realizará una encuesta pre-post en aras de analizar cómo afecta este tipo de iniciativas a la motivación y las competencias transversales de los estudiantes, y a la visión que tienen de la asignatura.

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Economía y Competitividad (2016). Resolución de convocatoria de ayudas a proyectos de I+D+I incluidos en el Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los retos de la Sociedad.
- [2] Apple (2011). Challenge Based Learning. Take Action and make a difference.
- [3] Cordray, D.S, Harris, T.R y Klein S. "A Research Synthesis of the Effectiveness, Replicability and Generality of the VaNTH Challenge-based Instructional Modules in Bioengineering". Journal of Engineering Education, Vol 98 n 4 pp335-348. 2009
- [4] Bransford, J.D, Brown, A.L, y Cocking R.R "How people learn: Brain, mind, experience and school" en National Academy press. Whashington, DC. 2000.
- [5] <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/ingenieria-concurrente/>
- [6] http://www.esa.int/Education/ESA_Academy/Students_are_called_to_apply_for_the_2018_concurrent_engineering_challenge
- [7] <https://ocdt.esa.int/>
- [8] <https://www.ltu.se/>
- [9] <https://www.tudelft.nl/en/>
- [10] https://www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/ESEC
- [11] <https://www.airbus.com/>