

# POTENCIANDO LAS COMPETENCIAS TRANSVERSALES DE LOS INGENIEROS QUÍMICOS DEL FUTURO: REDISEÑANDO LA DOCENCIA EN INGENIERÍA DE PROCESOS Y PRODUCTOS (RE-IPP)

Ismael Díaz, María González-Miquel, Manuel Rodríguez, Emilio J. González, Ramón López, Laura Falceto, Virginia Sáinz

*Educational Innovation in Chemical Engineering (EIChe)* – ETSI Industriales –  
Universidad Politécnica de Madrid  
e-mail: [ismael.diaz@upm.es](mailto:ismael.diaz@upm.es)

## **Resumen.**

El presente proyecto de innovación educativa tiene como objetivo fundamental la mejora del aprendizaje, el aumento de la motivación y el desarrollo de competencias transversales (creatividad, trabajo en equipo, comunicación oral y escrita y conciencia medioambiental) de los alumnos de la asignatura Ingeniería de Procesos y Productos del Grado en Ingeniería Química impartido en la ETSI Industriales. Para ello, se propone el empleo de diferentes metodologías docentes tales como el aprendizaje basado en proyectos, el aula invertida y la gamificación que se utilizarán en los diferentes bloques de la asignatura (modelización y simulación de propiedades y procesos, ingeniería de productos e ingeniería de procesos).

**Palabras clave:** Aprendizaje Activo, Aula Invertida-Flipped classroom, Calidad en la enseñanza, Gamificación, Grado, Uso de las TIC, Video educativo.

## **1. Introducción**

Los alumnos actuales de cuarto curso de grado son estudiantes que pertenecen a la denominada Generación Z (nacidos a partir de 1995) con rasgos identitarios diferentes a los de generaciones anteriores. En concreto, a estos jóvenes se les suelen atribuir los atributos de poco atentos e inmediatos y otros más positivos como más habituados a la multitarea, a la comunicación directa y a las nuevas tecnologías desde edades muy tempranas. Este cambio generacional camina en paralelo con la demanda de nuevos profesionales por parte de la industria y la sociedad en general. Cada vez son más valoradas y demandadas las denominadas “soft skills” o competencias transversales tales como la creatividad, el trabajo en equipo o la comunicación oral y escrita, aparte del conocimiento técnico específico. Ambos hechos, junto con el desarrollo en los últimos años de estrategias pedagógicas, están motivando los cambios metodológicos en las asignaturas de los títulos de Grado y Máster en Ingeniería Química impartidos en la ETSI Industriales sobre las que desarrolla su docencia el Grupo de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid denominado *Educational Innovation In Chemical Engineering (EICHE)*.

En concreto en los últimos años se han abordado cambios metodológicos en las siguientes asignaturas:

Tercer curso de Grado en Ingeniería Química

- Reactores Químicos
  - Proyecto de Innovación Educativa “Implementación de la metodología de aula invertida en la asignatura de Reactores Químicos”
- Experimentación en Ingeniería Química II
  - Proyecto de Innovación Educativa “Utilización de herramientas de virtualización en la titulación de ingeniero químico: un complemento a las prácticas de laboratorio”

#### Cuarto curso de Grado en Ingeniería Química

- Control de Procesos
  - Proyectos de Innovación Educativa “Sistema de entrenamiento de operadores en planta” y “Aprendizaje activo de control de procesos”
- Ingeniería de Procesos y Productos
  - Proyecto de Innovación Educativa “Potenciando las competencias transversales de los ingenieros químicos del futuro: rediseñando la docencia en ingeniería de procesos y productos (re-ipp)”

En este trabajo se presenta una experiencia piloto basada en la combinación de diferentes metodologías tales como aula invertida, aprendizaje basado en proyectos y gamificación. En concreto, se ha llevado a cabo un rediseño global de la docencia de la asignatura Ingeniería de Procesos y Productos de cuarto curso de Grado en Ingeniería Química en la que se han introducido algunas de estas metodologías con el objetivo fundamental de mejorar el proceso de aprendizaje y potenciar las competencias transversales de los estudiantes. En este sentido, la asignatura objeto de este proyecto es una asignatura que juega un papel muy importante en la formación integral de los alumnos como ingenieros químicos. Es una asignatura eminentemente práctica en la que los alumnos tienen que poner en práctica los conocimientos y habilidades adquiridas durante algunas de las asignaturas más importantes que definen su profesión como, por ejemplo, Operaciones de Separación, Reactores Químicos o Termodinámica aplicada. El objetivo final de la misma es que los alumnos acaben llevando a cabo el diseño de productos y procesos químicos con herramientas informáticas comerciales ampliamente utilizadas en la industria química. Es por lo que, actualmente, la asignatura se encuentra dividida en cuatro grandes bloques: modelización y simulación de propiedades y procesos, ingeniería de productos e ingeniería de procesos.

Este enfoque, a tenor de los indicios de calidad disponibles, ha resultado exitoso en cuanto a la formación de los alumnos con estos objetivos. Sin embargo, tras varios años de docencia se han detectado algunos aspectos de mejora sobre los que se pretende trabajar y que han supuesto la motivación del presente proyecto de innovación educativa.

## **2. Objetivos, material y metodología:**

Los objetivos específicos que se persiguen con el desarrollo del presente proyecto de innovación educativa son:

- Mejorar el proceso de aprendizaje en Ingeniería de Procesos y Productos. Se busca una mejora del aprendizaje global de la materia en la que los alumnos consigan interrelacionar conceptos y comprender la problemática de forma integral.
- Mejora de la motivación del alumnado. Se persigue captar la atención del alumnado y “engancharlos” desde el primer día de clase mediante la inclusión de actividades de gamificación y la elaboración de material multimedia de apoyo, que les permita seguir la asignatura de forma más sencilla desde el comienzo del curso.
- Mejora de las competencias transversales tales como creatividad, trabajo en equipo, comunicación oral y escrita y respeto medioambiental.

Las metodologías empleadas se resumen en la figura 1:

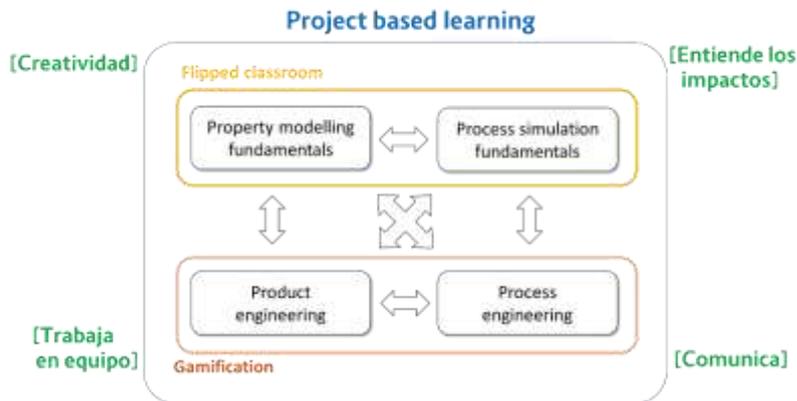


Figura 1. Metodologías implicadas en el rediseño de la asignatura Ingeniería de Procesos y Productos

A modo de resumen, se utilizará como guía general de la asignatura el aprendizaje basado en proyectos combinado con diferentes metodologías, tales como gamificación o aula invertida, según los bloques específicos en los que se divide la asignatura y sobre los que se ha trabajado en el presente proyecto.

### 3. Resultados:

El proyecto de innovación educativa será ha comenzado a implantarse en septiembre de 2018 y se realizará progresivamente durante los cursos 2018/2019 y 2019/2020. Así, en el presente curso se han realizado las siguientes modificaciones sobre la asignatura:

- Inversión del aula para un aprendizaje activo de modelización y simulación de procesos: en los cursos pasados este bloque de la asignatura se imparte con una metodología mixta de clases teóricas y prácticas con ordenador. En un enfoque invertido, se ha generado gran cantidad de documentación (mayoritariamente en formato multimedia) en forma de videotutoriales, screencasts... con el objetivo de que los alumnos trabajen la práctica totalidad. En este sentido se ha generado un curso Moodle (<https://moodle.upm.es/formacion/course/view.php?id=4218>) sobre simulación estacionaria de procesos que de los 41 alumnos matriculados están utilizando de forma activa un total de 33 de ellos.
- Aprendizaje basado en proyectos mediante la integración del diseño de Procesos y Productos en el marco de nuevas tecnologías de producción sostenibles. En cursos anteriores, los estudiantes practicaban los conceptos explicados en clase acerca de creación de nuevos proceso y productos abordando sendos trabajos independientes, que en muchos casos se centran en el diseño de procesos clásicos de tecnología química industrial, dejando de lado las nuevas regulaciones y normativas medioambientales que actualmente afectan a la industria química, sobre todo en relación al empleo de materias primas renovables, a la reducción de emisiones de sustancias nocivas y a la regulación de disolventes tóxicos en operaciones de separación y purificación de compuestos. En este curso, por primera vez se ha planteado integrar los trabajos de diseño de proceso y productos fomentando el desarrollo de tecnologías medioambientalmente amigables en el ámbito de las biorrefinerías. En una primera etapa, los alumnos se enfrentan al diseño, simulación y evaluación económica de distintos esquemas de biorrefinería para el aprovechamiento del glicerol (subproducto de la elaboración del biodiesel), empleándolo como materia prima renovable para la producción de compuestos de alto valor añadido. A

continuación, los alumnos estudian cómo afecta la sustitución de los trenes de destilación para la purificación del producto de interés (muy demandantes energéticamente) por sistema de extracción líquido-líquido mediante disolventes de bajo impacto ambiental, considerando cuestiones técnicas, económicas y ambientales. A este respecto, se ha generado documentación adicional con distintas rutas químicas y bioquímicas para la transformación de glicerol a siete productos de alto valor añadido (incluyendo varios ácidos orgánicos y bioalcoholes), así como para la selección de distintos disolventes de extracción sostenibles considerando aspectos estructurales y de toxicidad. De este modo, los estudiantes aprenderán técnicas y habilidades clave para su desarrollo profesional, como es el diseño y evaluación de procesos y productos industriales empleando herramientas de simulación y tecno-económicas, incorporando además nuevos criterios medioambientales fundamentales para la nueva generación de ingenieros químicos.

Con el objetivo de no introducir demasiados cambios sobre un mismo grupo, se ha decidido implementar la actividad de gamificación IPPPoly durante el curso 2019/2020. En esta actividad, los alumnos asumirán diferentes roles (inversor, comercial...) de forma que tendrán que invertir el dinero ficticio que les facilitarán los profesores en los diferentes proyectos que realicen sus compañeros. Posteriormente, según las cantidades conseguidas por cada proyecto y la eficiencia de las inversiones, sus calificaciones del diseño de proceso se verán modificadas.

Además, el presente proyecto ha dado lugar a las siguientes contribuciones a congresos:

- Ismael Díaz et al. (2018) "Promoting motivation and generic key skills in process and product design teaching". 11<sup>th</sup> annual International Conference of Education, Research and Innovation. Sevilla, noviembre de 2018.
- Ismael Díaz et al. (2018) "Potenciando las competencias transversales de los ingenieros químicos del futuro: rediseñando la docencia en Ingeniería de Procesos y Productos (re-IPP)". I Jornadas de innovación docente en grados y postgrados en ciencias experimentales e ingenierías. Universidad Rey Juan Carlos, Móstoles, septiembre de 2018

#### **4. Conclusiones:**

En el presente proyecto se han desarrollado con éxito todas las actividades previstas, dando como resultado una asignatura de Ingeniería de Procesos y Productos en la que los alumnos son capaces de interrelacionar los diferentes conceptos que aparecen en ella (diseño de procesos y diseño de productos) mediante el aprendizaje basado en proyectos y que permiten trabajar, además, la conciencia medioambiental de los futuros ingenieros mediante el planteamiento de proyectos más sostenibles medioambientalmente. Por otra parte, se ha desarrollado también un curso basado en screencasting sobre simulación estacionaria de procesos, que permitirá trabajar los conceptos fundamentales de esta parte fuera de las horas de clase (aula invertida), para trabajar en el aula sobre simulación de procesos químicos reales más complejos. Por último, cabe resaltar que las actividades planificadas suponen un escenario para el desarrollo de algunas competencias transversales tales como creatividad (para el diseño de nuevos productos), trabajo en equipo (todos los proyectos son realizados por equipos de varios miembros), comunicación oral y escrita (tienen que defender sus proyectos y entregar informes evaluables) y conciencia medioambiental (los nuevos procesos planteados son alternativas "verdes" de procesos convencionales permitiendo analizar la importancia de la sostenibilidad en el diseño de nuevos procesos).