



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2017/18

Nº de proyecto: 264

Título del proyecto:

Cooperación entre Universidad y Empresa en el desarrollo del TFG en el Grado de
Ingeniería Química

Nombre del responsable del proyecto: V. Ismael Águeda Maté

Facultad de Ciencias Químicas

Departamento de Ingeniería Química y de Materiales

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El objetivo del proyecto de innovación consiste en constituir una empresa de ingeniería que permita diseñar una instalación química real para la producción de detergentes y que resulte en los Trabajos Fin de Grado del grupo de estudiantes que la constituyen.

Este objetivo genérico se concreta en los siguientes objetivos específicos:

- Constituir una empresa para diseñar instalaciones de la industria química.
- Diseñar una instalación para la producción de detergentes.
- Diseñar cada una de las secciones en las que se divide la instalación industrial.
- Redactar y defender los TFG.
- Desarrollar una página web para dar visibilidad a la empresa.
- Aumentar la motivación de los estudiantes mediante la inclusión de charlas impartidas por profesionales y visitas guiadas a la industria química como metodología docente.
- Mejorar la competitividad y ganas de superación de los estudiantes como consecuencia de la entrega de un premio al mejor TFG del grupo.
- Incluir estudiantes de doctorado en tareas docentes relacionadas con el TFG

Propuestas de valor del mismo:

- Fomentar el emprendimiento y el autoempleo en los estudiantes. Una de las principales carencias de los planes de estudio es la generación de emprendedores capaces de promover la creación de empresas que desarrollen nuevos productos o tecnologías de alto valor añadido. En este sentido, se plantea un caso práctico de desarrollo de actividad empresarial. El objetivo de la empresa constituida será diseñar una instalación industrial. Como resultado de la consecución del objetivo de la empresa se redactarán y presentarán los TFG de los estudiantes que participen en la misma.
- Promover el aprendizaje colaborativo y el trabajo en equipo para la consecución de un objetivo común. El núcleo de la actividad desarrollada por las empresas de ingeniería es el desarrollo de proyectos. Estos proyectos pueden tener mayor o menor entidad en función de su presupuesto económico que repercute directamente en los recursos humanos destinados a la consecución de los objetivos marcados en el mismo. Cada uno de los miembros del equipo tiene unos objetivos individuales que se subordinan a la consecución del objetivo común del proyecto. Las partes comunes del proyecto pueden ser desarrolladas por todos los miembros del equipo.
- Incentivar la competitividad y motivación mediante la inclusión de un premio al mejor TFG.
- Mejorar la visibilidad de los títulos universitarios y de las competencias adquiridas por los egresados en un entorno no académico, como es un tribunal constituido por profesionales del sector industrial.
- Resolver problemas a partir de modelos reales. Las instalaciones industriales para la producción de detergentes llevan muchos años en funcionamiento y su tecnología es conocida. Se plantea utilizar las competencias adquiridas durante el Grado en

Ingeniería Química para diseñar una instalación similar con el asesoramiento de profesores y profesionales que trabajan en dichas instalaciones.

- Aplicar los conocimientos adquiridos en la Universidad con los criterios que se emplean en un entorno ajeno a la misma.
- Optimización de la carga docente con el desarrollo de proyectos en los que se engloben los TFG de un grupo de varios estudiantes. Uno o varios profesores pueden asesorar sobre un tema concreto con un desarrollo más eficaz de su dedicación. La propuesta de muchos TFG de temática muy diferenciada implica una mayor dedicación por parte del profesor y de los propios estudiantes.
- Inclusión de estudiantes de doctorado. Las tareas desarrolladas dentro del proyecto de innovación educativa son complementarias a su formación investigadora. Una de los estudiantes es becaria FPU (Formación del Profesorado Universitario) y dentro de los requisitos necesarios para la renovación de la beca es la participación en actividades docentes.

2. Objetivos alcanzados

De los objetivos inicialmente propuestos, se han alcanzado los siguientes:

- Debido al elevado coste que supone la constitución de una empresa, se ha procedido a constituir la empresa de ingeniería de modo simulado. El número de estudiantes que han solicitado la realización del TFG en el marco del proyecto de innovación es de diecisiete. El total de estudiantes matriculados en el TFG para el curso 2017/18 es ochenta y ocho, lo que indica el éxito que ha tenido la convocatoria entre los estudiantes. Para el próximo curso se va a continuar con la misma metodología y han mostrado su interés dieciocho estudiantes.
- Se ha diseñado una planta química con las unidades necesarias para la producción de detergentes teniendo en cuenta las directrices de la Guía Docente del TFG en Ingeniería Química. A partir de datos bibliográficos y de información procedente de CEPESA Química, se ha procedido a su diseño. Destacar el grado de implicación de CEPESA Química permitiendo la visita de los estudiantes a sus instalaciones y la consulta de dudas sobre el proceso desarrollado.
- Se ha dividido de modo equitativo la instalación industrial en diferentes unidades que constituyen el TFG de cada estudiante. Posteriormente, los estudiantes en función de su interés, han elegido la unidad a diseñar. Por último, se ha procedido al diseño de las secciones de acuerdo con las directrices de la Guía Docente del TFG en Ingeniería Química. Se han empleado los conocimientos adquiridos en el Grado de Ingeniería Química bajo la tutela de los profesores involucrados en el presente proyecto de innovación.
- Cada estudiante ha redactado su TFG siguiendo las normas generales para la redacción de la memoria (<https://www.ucm.es/diq/trabajo-fin-de-grado>). Las defensas de los TFG tienen lugar los días 11-12 de julio en su convocatoria de junio y los días 25-26 de septiembre en su convocatoria de septiembre. Debido a las diferentes cargas lectivas de los estudiantes involucrados (la normativa permite la matriculación en el TFG a estudiantes que les faltan 12 créditos por cumplir de los 180 créditos requeridos), todos los miembros del grupo no lo van a presentar en la misma convocatoria. Además, presentan una gran influencia las asignaturas en las que se encuentran matriculados. Así, los estudiantes con asignaturas pendientes de cursos anteriores, dado que es un requisito tener todos los créditos aprobados para la presentación y defensa del TFG, se centran en mayor medida en las asignaturas. Aún así, todos ellos han participado de manera activa, tanto en los seminarios planteados, como las reuniones para el desarrollo del proyecto de innovación. En la convocatoria de junio van a presentar su TFG ocho estudiantes y en la de septiembre en función de las calificaciones obtenidas lo haría el resto. Si alguno de los estudiantes no pudiese presentar su TFG en el curso 2017/18, tendría que hacerlo en las convocatorias de 2018/19.
- Cada uno de los estudiantes ha diseñado a modo de ejemplo una página web con las indicaciones básicas recibidas.

- Se ha observado un elevado grado de implicación de los estudiantes en el desarrollo del proyecto de innovación. Han asistido al Curso de Emprendedores ofrecido por la Cámara de Comercio de la Comunidad de Madrid. Han participado activamente en las charlas ofrecidas por profesionales procedentes de empresas referentes en el sector químico y de la ingeniería como Maxam y Técnicas Reunidas. Han mostrado un elevado grado de satisfacción en la visita guiada a la planta de CEPSA Química en Algeciras.
- El empleo de grupos de trabajo con un objetivo común ha supuesto que la dedicación de los profesores sea menor, ya que un mismo seminario va destinado a varias personas. En otras ocasiones y debido a la diversificación de las propuestas el tiempo invertido para supervisar los TFG se multiplica.
- Para estimular la competencia entre los estudiantes, una vez se hayan defendido los TFG, se hará entrega a modo de premio a los dos estudiantes que obtengan una mejor calificación un libro. Se ha elegido el "*Perry's Chemical Engineers Handbook*" debido a que es manual de referencia del Ingeniero Químico
- Los estudiantes de doctorado presentes en el PIE han participado activamente en el en el desarrollo de las tareas y tutorías asociadas al proyecto.

3. Metodología empleada en el proyecto

La metodología empleada para el desarrollo y consecución de los objetivos planteados será la siguiente: Aprendizaje basado en la realización de proyectos.

En este sentido se realizarán las siguientes actividades que permitirán la consecución de los objetivos:

- Planteamiento del proyecto a desarrollar.
- Asesoramiento en la constitución de una empresa.
- Información sobre posibles fuentes de financiación tanto pública como privada.
- Charlas y coloquios con estudiantes y profesionales de la Ingeniería Química.
- Desarrollo de páginas web.
- Desarrollo del TFG basado en la solución de un problema real
- Seminarios específicos para el desarrollo del TFG
- Visita a la planta de detergentes de Cepsa Química.
- Exposición del TFG a un tribunal constituido por las empresas implicadas.

4. Recursos humanos

El equipo docente está constituido por dos catedráticos (Gabriel Ovejero y María Ángeles Uguina), dos profesores titulares (José Antonio Delgado y Juan García), un profesor ayudante doctor (Silvia Álvarez) y un profesor contratado doctor (V. Ismael Águeda), que forman parte del Grupo de Catálisis y Operaciones de Separación (CyPS)" (ref. 910602).

Los integrantes del equipo son responsables de la docencia en asignaturas obligatorias del Grado en Ingeniería Química como Termodinámica Aplicada, Ingeniería Térmica, Simulación y Control de Procesos y Operaciones de Separación del Grado en Ingeniería Química, así como de Trabajo Fin de Grado y Máster.

En total, los miembros del equipo docente han tutorizado más de cien trabajos dirigidos entre Trabajos Fin de Grado, Proyectos Fin de Carrera y Trabajos Fin de Máster.

Las nuevas directrices publicadas por la comisión académica de la UCM referente a los TFG ha puesto de manifiesto la necesidad de buscar nuevos enfoques que permitan un correcto desarrollo de los TFG evitando una sobrecarga en la actividad docente del profesorado. La amplia experiencia del equipo docente en la dirección de TFG y su apuesta por la innovación docente ha resultado en una propuesta cuyo principal objetivo es la mejora de la calidad del TFG optimizando los recursos docentes de la universidad.

Además, se han incluido en el equipo de trabajo un miembro del PAS y tres estudiantes de doctorado. Jorge Sánchez es Técnico de Aulas de Informática y dispone de amplios conocimientos en desarrollo y diseño de páginas web. Su aportación en el proyecto sería sobresaliente y permite a los estudiantes desarrollar competencias muy importantes en la era digital. Los estudiantes de doctorado en Ingeniería Química pueden aportar su experiencia como recientes egresados.

La amplia experiencia educativa de los miembros del grupo de más de 40 años en la docencia de diferentes asignaturas de Ingeniería Química, junto con el empleo de nuevas tecnologías y la experiencia de alumnos de máster, ofrece una serie de sinergias que se pretenden aprovechar en este proyecto.

Todos los miembros del grupo han participado activamente en innovación educativa en las diferentes asignaturas de las que son responsables en diferentes procesos de cambios de planes de estudio. Lo que queda de manifiesto en el apartado de experiencia en innovación educativa.

A título personal integrantes de Maxam, Técnicas Reunidas y CEPESA Química han aportado una valiosísima experiencia que ha sido clave en el éxito de la presente propuesta.

5. Desarrollo de las actividades

Se presentan de modo detallado las actividades desarrolladas.

- 1) Exposición del proyecto a desarrollar: Diseño de una planta de fabricación de detergentes. Se realizó una exposición de la temática del TFG y del resto de actividades que se incluirían dentro del proyecto de innovación.
- 2) Selección de candidatos para el desarrollo del mismo. Los estudiantes que mostraron interés a través de correo fueron seleccionados para el desarrollo del proyecto.
- 3) La planta industrial será dividida en un número de unidades igual al número de estudiantes. El de grupo profesores responsables del proyecto han dividido de modo equitativo la planta de producción de detergentes en diferentes secciones.
- 4) Constitución de la empresa y reparto de las secciones de la planta industrial. Previo al periodo de matrícula del TFG los integrantes del grupo han seleccionado la sección que deben diseñar en función de su interés, alcanzado un acuerdo entre todos ellos.
- 5) Desarrollo de los TFG con los siguientes apartados:
 - a.- Introducción y objetivos
 - b.- Estudio de viabilidad
 - c.- Memoria técnica
 - d.- Evaluación del impacto ambiental
 - e.- Presupuesto
 - f.- Bibliografía
 - g.- Presentación para su defensa ante tribunal
- 6) Desarrollo de páginas web. Hoy en día la principal vía de información y publicidad se desarrolla a través de páginas web. Se plantea introducir en el desarrollo y diseño de páginas web. Los estudiantes deberán programar la página web de su empresa con los objetivos de la misma.
- 7) Fuentes de financiación. Se ha impartido una charla con información necesaria para poder constituir una empresa y desarrollar una actividad empresarial, así como las posibles vías de financiación tanto pública como privada.
- 8) Asistencia al curso de emprendedores ofrecido por la Cámara de Comercio de la Comunidad de Madrid. Durante 3 horas se han presentado los aspectos más relevantes necesarios para poder constituir una empresa. Además, se ha informado de los trámites necesarios y de las ayudas y subvenciones establecidas a tal efecto.
- 9) Charlas y coloquio con profesionales de la Ingeniería Química. Se ha contactado con antiguos estudiantes de la Universidad Complutense interesados en la propuesta. En este sentido pondrán a disposición del grupo su experiencia personal en empresas como Maxam y Técnicas Reunidas, referentes en el sector químico y de ingeniería.
- 10) Seminarios y tutorías en grupo para la supervisión de los avances en el TFG. Se han planificado diversas tutorías con estudiantes del grupo encaminadas a la resolución de dudas sobre el desarrollo del TFG:
- 11) Planificación y realización de una visita guiada a la industria química. CEPESA Química ha accedido a mostrar la planta de fabricación de detergentes que tiene situada en Algeciras (Cádiz).
- 12) Asistencia de los estudiantes de doctorado al 4º Congreso de Innovación Educativa en Ingeniería Química en Santander.

6. Anexos

Se incluyen los títulos de los TFG y de los estudiantes que los han desarrollado. Una copia informatizada queda archivada en el departamento de Ingeniería Química.

| | |
|--|----------------------------------|
| Diseño del reactor de hidrodesulfuración de nafta | Marco Barrio De Santa Ana |
| Diseño del proceso Claus de producción de azufre | Cecilia Lopez Maxias |
| Diseño del reactor de producción de SO ₃ en una planta de sulfonación de LAB | Adrián Lago Cambeiro |
| Diseño de la unidad de reformado catalítico de nafta | Pablo Vizcaíno Gil |
| Diseño de la unidad de extracción de aromáticos procedentes del reformado de naftas | Alicia Galan Galan |
| Diseño de la unidad de obtención de benceno de una corriente BTX | Laura Sanchez Labrada |
| Diseño de la unidad de hidrotratamiento de queroseno ligero | Cristian Mauricio Cabrera García |
| Diseño de la unidad de separación de parafinas de queroseno mediante lecho móvil simulado | Marta Blas Roa |
| Diseño de las unidades de recuperación de desorbente de una unidad de separación de parafinas | Adrián Mateos Pinilla |
| Diseño del reactor de deshidrogenación de parafinas de cadena larga en una planta de detergentes | Whitney Ndidi Ezeani Ezeani |
| Diseño de la unidad de eliminación de aromáticos de la corriente de olefinas de cadena larga por adsorción | David Berlínchez De La Iglesia |
| Diseño del reactor de alquilación para la producción de LAB | Diego Fernando Osorio Vinasco |
| Diseño de la unidad de purificación de LAB en una planta de detergentes | Sara Orjales Saéñz-Díez |
| Diseño de la unidad de separación de p-xileno de xilenos mediante lecho móvil simulado | Belen Alarcón Guillén |
| Diseño del reactor de desproporción de tolueno para producir benceno y xilenos | Qi Ting Peng Zhou |
| Diseño de la unidad de separación de m-xileno de xilenos mediante lecho móvil simulado | Sergio Floriano Toribio |
| Diseño de las unidades de recuperación de desorbente de una unidad de separación de xilenos | Andrea Gil Lezáun |

El proyecto de innovación ha recibido financiación para el desarrollo del mismo, y se ha invertido principalmente en la asistencia por parte de los estudiantes doctorado al 4º Congreso de Innovación en Ingeniería Química. Además, se han adquirido dos ejemplares del libro *"Perry's Chemical Engineers Handbook"* para su entrega a los dos mejores TFG. Por último, se ha adquirido material diverso para el desarrollo del proyecto. Para sufragar los gastos ocasionados para realizar la visita a la planta química de CEPSA en Algeciras, los profesores han empleado fondos propios.

Toda información sobre actividades del PIE ha quedado recogida en el siguiente espacio del campus virtual de la UCM:

<https://cv4.ucm.es/moodle/course/view.php?id=90385>

Se adjuntan fotos de la visita y las actividades realizadas.

