

09-008

TEACHING EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT OF A COORDINATED COURSE PROJECT BETWEEN DIFFERENT SUBJECTS IN THE UNIVERSITY MASTER IN INDUSTRIAL ENGINEERING

Padrón Hernández, Luis Alberto (1); Osorio Acosta, Javier (1); García Del Pino, Fidel (1); Roque González, Sergio (1)

(1) Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

This work presents a teaching experience based on a course project common to different subjects and implemented during several consecutive academic courses in the second year of the Máster Universitario en Ingeniería Industrial of the University of Las Palmas de Gran Canaria. The aim is to boost the learning of the students through the generation of synergies between the different subjects, using a project-based learning approach, allowing the students to go deeply into the different aspects of the subjects and to analyze the problem in a multidisciplinary way. The experience is developed with the subjects “Projects”, “Design, construction and exploitation of industrial plants”, “Organization and management of companies”, “Business creation” and “Management of industrial innovation”. The students must address the project of design of an industrial plant, and the analysis, from different perspectives, of the company that would run it. In the work carried out in each subject, the students develop, incrementally, the aspects that pertain to that subject. The analysis of the projects developed by the students and the results from the surveys show that the proposal has a very positive impact on the learning process of the students.

Keywords: Project-based learning; Máster Universitario en Ingeniería Industrial; Projects

EXPERIENCIA DOCENTE CON EL DESARROLLO DE UN PROYECTO DE CURSO COORDINADO ENTRE VARIAS ASIGNATURAS DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Este trabajo presenta una experiencia formativa basada en un proyecto de curso común a varias asignaturas, implementada durante varios años académicos consecutivos en el segundo curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. El objetivo es potenciar el aprendizaje de los estudiantes mediante la creación de sinergias entre distintas asignaturas, utilizando un aprendizaje basado en proyectos, permitiendo a los estudiantes profundizar en distintos aspectos de las materias y analizar el problema de manera multidisciplinar. La experiencia se realizó con las asignaturas “Proyectos”, “Diseño, Construcción y Explotación de Plantas Industriales”, “Organización y Dirección de Empresas”, “Creación de Empresas” y “Gestión de la Innovación Tecnológica”. Los estudiantes se enfrentan a un proyecto de diseño de una planta industrial para la producción de algún bien o servicio concreto, y al análisis, desde distintas perspectivas, de la empresa que lo explotaría. En el trabajo llevado a cabo en cada una de las asignaturas, los estudiantes van desarrollando, de manera incremental, los aspectos del proyecto que le son propios. El análisis de los trabajos realizados y los resultados de las encuestas indican que la propuesta impacta muy positivamente sobre el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Palabras clave: Aprendizaje basado en proyectos; Máster Universitario en Ingeniería Industrial; Proyectos

Correspondencia: Luis A. Padrón Hernández. e-mail: luis.padron@ulpgc



©2022 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

Por lo general, las titulaciones universitarias están organizadas en torno a asignaturas que se desarrollan de manera fundamentalmente independiente, aun cuando exista coordinación entre ellas. De este modo, aunque la titulación esté diseñada con una serie de objetivos de aprendizaje y competencias concretas, no suelen fomentarse sinergias entre asignaturas que permitan que los estudiantes comprendan las dependencias entre ellas ni que perciban su aprendizaje como un todo continuo, en lugar de como una serie de fases fragmentadas y asignaturas estancas entre sí. En el ámbito de las ingenierías, la realización de actividades y proyectos multidisciplinares, en el que los estudiantes necesiten utilizar conceptos y competencias adquiridos en distintas asignaturas para resolver un reto complejo, puede tener muchos beneficios, entre los que se encuentran, entre otros: a) una mayor motivación de los estudiantes por aprender, b) facilitar la puesta en contexto de conocimientos y competencias, c) optimizar el tiempo disponible, d) permitir abordar problemas más cercanos a la realidad (en comparación con lo que sería posible abordar en cada asignatura por separado, debido a las limitaciones de tiempo existentes), y e) permitir que la formación del estudiante sea más global, al comprender las interdependencias entre los distintos ámbitos del conocimiento de una manera más cercana.

Con esta idea en mente, un conjunto de asignaturas del segundo curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria se ha coordinado durante varios cursos académicos para que los estudiantes puedan trabajar en un proyecto integrado y multidisciplinar común que van desarrollando de manera ordenada y secuencial a medida que van avanzando a lo largo del primer y segundo semestres. El objetivo es potenciar el aprendizaje de los estudiantes mediante la creación de sinergias entre distintas asignaturas, posibilitando el desarrollo de un aprendizaje basado en proyectos (Project-Based Learning, PjBL) que permita a los estudiantes profundizar en los distintos aspectos de las materias y, al mismo tiempo, analizar el problema de manera multidisciplinar e integrando distintos ámbitos del conocimiento. La experiencia se realizó con las asignaturas “Proyectos”, “Diseño, Construcción y Explotación de Plantas Industriales”, “Organización y Dirección de Empresas”, “Creación de Empresas” y “Gestión de la Innovación Tecnológica”. Los estudiantes se enfrentan a un proyecto de diseño de una planta industrial para la producción de algún bien o servicio concreto, y al análisis, desde distintas perspectivas, de la empresa que lo explotaría. En el trabajo llevado a cabo en cada una de las asignaturas, los estudiantes van desarrollando, de manera incremental, los aspectos del proyecto que le son propios y, de este modo, se integran el ámbito del proyecto y la construcción de plantas industriales con los ámbitos de la gestión, la administración y la creación de empresas.

El aprendizaje basado en proyectos es una metodología de enseñanza y aprendizaje en el que los estudiantes deben acometer tareas complejas y relacionadas con actividades de cierta dificultad en entornos profesionales y realistas, que resultan en un producto o una entrega concreta, y que les ayuda a adquirir competencias útiles en el mundo profesional (Chen, 2019). PjBL es una metodología ampliamente utilizada en el ámbito académico (Chen, 2019). Mucho menos común, sin embargo, es esta propuesta de implementar proyectos que, de manera multidisciplinar, sean desarrollados paulatinamente en semestres consecutivos. Un ejemplo interesante es el trabajo de Nikiema et al. (2009), que desarrollaron una estrategia basada en PjBL en el ámbito de la ingeniería, y con un proyecto aplicado al mismo grupo de estudiantes en varios semestres consecutivos. Un enfoque diferente, pero también interesante

y reciente, es el de Ricaurte y Vilorio (2020), en el que distintos grupos de estudiantes de cursos diferentes interactuaban entre sí en un proyecto común.

Esta comunicación resume esta experiencia y presenta los resultados obtenidos, tanto desde el punto de vista de los profesores involucrados como desde el punto de vista de los estudiantes que han participado. Para esto último, se preparó una encuesta que los estudiantes pudieron cumplimentar y de cuyo análisis se extraen conclusiones de interés para determinar si la iniciativa es realmente positiva, y sobre las mejoras que deben acometerse en los próximos cursos. El resultado de la experiencia ha sido muy favorable: se concluye que la realización de este proyecto integrado permite potenciar el aprendizaje de los estudiantes debido a las sinergias entre materias y a la posibilidad que ello abre para aprovechar mejor el tiempo y los recursos disponibles.

2. Objetivos

El objetivo de esta ponencia es presentar una experiencia docente basada en el desarrollo de un proyecto de curso coordinado entre varias asignaturas del Máster Universitario en Ingeniería Industrial por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). Con esta experiencia docente se pretende potenciar, en el ámbito de la profesión del Ingeniero Industrial, el desarrollo de conocimientos y habilidades en los estudiantes mediante la creación de sinergias entre distintas asignaturas, posibilitando el desarrollo de un aprendizaje basado en problemas que permita a los estudiantes profundizar en los distintos aspectos de las materias y, al mismo tiempo, analizar el problema de manera multidisciplinar e integrando distintos ámbitos del conocimiento.

3. Metodología

La tabla 1 detalla las asignaturas participantes y sus características principales. Se trata, en todos los casos, de asignaturas obligatorias. Los estudiantes se enfrentan a un proyecto de diseño de una planta industrial para la producción de algún bien o servicio concreto, y al análisis, desde distintas perspectivas, de la empresa que lo explotaría. En el trabajo llevado a cabo en cada una de las asignaturas, los estudiantes van desarrollando, de manera incremental, los aspectos del proyecto que le son propios.

Tabla 1: Asignaturas que desarrollan el proyecto integrado planteado

Asignatura	Acrónimo	Semestre	Curso	ECTS
Proyectos	PRY	1	2º	7.5
Diseño, Construcción y Explotación de Plantas Industriales	DPI	1	2º	7.5
Organización y Dirección de Empresas	ODE	1	2º	7.5
Gestión de la Innovación Tecnológica	GIT	2	2º	3
Creación de Empresas	CRE	2	2º	3

El desarrollo del proyecto integrado se inicia con la asignación del objeto del proyecto a cada grupo de estudiantes. Para ello, los estudiantes se agrupan, y proponen un tema de proyecto (basado siempre en el desarrollo de un proceso productivo de carácter industrial) o seleccionan una propuesta de entre las elaboradas por los profesores. Este primer paso se desarrolla en las primeras clases de las asignaturas de PRY y DPI. En los siguientes

apartados se detallan los objetivos, actividades y entregas planteadas a los estudiantes desde cada asignatura en particular.

3.1. Proyectos

Se plantean tres entregas consecutivas diseñadas con el objetivo de representar tres fases del desarrollo del proyecto. La primera entrega contiene varios aspectos: búsqueda de información sobre el proceso productivo, breve estudio de mercado, primer diseño de distribución en parcela, selección de municipio y polígono industrial de ubicación, y justificación urbanística de la planta industrial. De este modo, los estudiantes deben proponer y justificar una solución que cumpla con los requerimientos generales de la actividad, así como con la normativa urbanística de aplicación. La documentación que debe ser entregada por los grupos incluye estudio del proceso, estudio de mercado, justificación urbanística (resumida en ficha urbanística y justificación del Plan General de Ordenación del municipio), y planos de situación y de emplazamiento, realizados acorde al Código Técnico de la Edificación.

La segunda entrega es la que conlleva una mayor carga de trabajo para los estudiantes, y consiste en el diseño, de manera más detallada, de la propuesta de edificio, incluyendo la organización general de la planta industrial, diagramas de flujo, y el diseño estructural preliminar. Se solicita a los estudiantes que trabajen, en primer lugar, una propuesta analizada y presentada a través de dibujo a mano alzada, con el objetivo de promover el análisis. Una vez el diseño ha sido discutido y analizado, la propuesta debe plasmarse en un modelo BIM (Building Information Modeling) realizado, preferentemente, con el software Revit, y siendo necesaria la presentación no sólo del propio modelo BIM sino también de todos aquellos planos asociados a un proyecto básico, además de los planos de la propuesta estructural. La envolvente del edificio debe estar elaborada con un nivel de desarrollo (Level Of Development) no inferior al correspondiente a un LOD 300, mientras el resto de elementos deben estar modelados con un nivel de desarrollo no inferior a LOD 200. Se valora la capacidad de integrar propuestas acordes a la actividad de la industria y su ubicación, con carácter innovador, y teniendo en cuenta la protección del medioambiente y la eficiencia energética a la hora de diseñar la envolvente del edificio. Con el objetivo de animar a los estudiantes a explorar distintas soluciones constructivas, no se permiten propuestas con cubierta clásica a dos aguas, a no ser que esté especialmente justificado.

Finalmente, se realiza una tercera entrega en la que se diseña y dimensiona en detalle una de las instalaciones del edificio. En concreto, los estudiantes deben diseñar y dimensionar el sistema de bocas de incendio equipadas de la planta, incluyendo el sistema de abastecimiento de agua contra incendios correspondiente según UNE 23500 en vigor. Por tanto, deben determinarse todos los elementos de la instalación: bocas de incendio equipadas (BIEs), conductos, valvulería, equipo de impulsión del sistema de protección contra incendios (PCI) y depósito. En este punto, el nivel de riesgo intrínseco y la sectorización del edificio has sido ya trabajadas en la asignatura de Diseño, Construcción y Explotación de Plantas Industriales. En caso de que resulte una instalación excesivamente compleja, el diseño se simplifica antes del dimensionamiento de acuerdo con el profesor de la asignatura. Los estudiantes deben presentar la correspondientes planos y memoria de cálculo.

3.2. Diseño, Construcción y Explotación de Plantas industriales

Las tres actividades de aprendizaje que se plantean en la asignatura de Diseño, Construcción y Explotación de Plantas Industriales complementan el diseño del establecimiento iniciado en la asignatura de Proyectos, desarrollando aspectos no contemplados aún. Cronológicamente

están ordenadas en función de las necesidades que demanda el lógico desarrollo del proyecto.

En la primera de ellas, “justificación de la seguridad en caso de incendios”, se abordan todos los aspectos recogidos en el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales, prestando especial atención a todo lo relacionado con la seguridad pasiva. En relación con la seguridad activa (instalaciones de PCI) sólo se exige determinar la dotación de éstas. Esto se justificado por dos motivos: el primero por el hecho de que son objeto de estudio en la asignatura de Proyectos; el segundo porque en esta fase inicial la influencia que las instalaciones tienen en el diseño del establecimiento tiene, por lo general, escasa influencia.

En la segunda actividad, “cálculo de la estructura”, se realiza el diseño y justificación de la estructura del o de los edificios propuestos. Esto se lleva a cabo empleando perfiles de acero laminado haciendo uso del software comercial Cype 3D. Dependiendo del número de estructuras presentes en el diseño y a las dificultades de las mismas, de forma personalizada se introducen simplificaciones que van desde calcular una única de las estructuras, calcular una parte de una o incluso cambiar el tipo de estructura de cubierta. Esto se hace con una doble finalidad: por un lado, no limitar el diseño del establecimiento por parte de los alumnos por el miedo que conlleva el cálculo de la estructura necesaria. Por otro lado, igualar la carga de trabajo que supone esta actividad entre todos los alumnos.

En la tercera actividad, “elaboración del presupuesto”, se plantea, haciendo uso del software comercial Presto, la realización del presupuesto, limitado a una serie de capítulos, de las obras proyectadas. Lo limitado del tiempo disponible para esta actividad hace preceptivo acotar el alcance a 4 o 5 capítulos, si bien se exige la entrega, además del presupuesto, de las mediciones y de los precios descompuestos de las unidades previstas.

3.3. Organización y Dirección de empresas

En este caso, se tiene como objetivo desarrollar los siguientes aspectos del proyecto integrado: cálculo de costes e inversiones, contabilidad, derecho fiscal, mercantil y laboral. Para ello, los estudiantes deben desarrollar los siguientes documentos: 1.- Breve descripción de proyecto empresarial; 2.- Descripción y cálculo de las inversiones necesarias con las fuentes de financiación correspondientes. Incluye necesariamente el cuadro de amortización de los préstamos y arrendamientos financieros; 3.- Cálculo en detalle de los costes de producción, con especificación de la plantilla necesaria, los de amortización de activos y del impuesto de sociedades; 4.- Libros Diario y Mayor confeccionados en paquete CONTASOL de la contabilidad anual de la sociedad creada para explotar el proyecto. A partir de ello, se aporta las cuentas anuales (Balance y Cuenta de Pérdidas y Ganancias) y se detalla la aplicación de resultados (reservas y dividendos); 5.- La confección de los modelos oficiales fiscales trimestrales y anuales del IGIC (IVA en Canarias), retenciones de profesionales, trabajadores y dividendos de socios (modelos 420, 425,111, 190,123, 193). También el del impuesto sociedades (modelo 200); 6.- Dada la estructura laboral necesaria, se aportan los contratos tipos de alta dirección y de trabajadores no directivos; 7.- Escritura de constitución de la forma jurídica adoptada; y 8. Planos de situación y planta, con detalle de la distribución de ésta última.

La defensa del documento es oral, con apoyo de diapositivas, y de manera previa a la entrega definitiva de estos ítems del proyecto del trabajo.

3.4. Gestión de la innovación tecnológica

La actividad de esta asignatura comienza con la identificación de una empresa, de cualquier naturaleza mercantil y nacionalidad, cuya actividad sea similar a la tipología asignada al grupo de trabajo al comienzo del curso académico, y que pueda considerarse innovadora. Se solicita

justificar por qué puede considerarse como empresa u organización innovadora. También se solicita describir, mediante un diagrama BPMN (Business Process Management and Notation) utilizando el software Signavio, alguno de los posibles procesos que lleva a cabo la empresa analizada. Se solicita desarrollar, en un segundo diagrama, cómo llevarían a cabo el mismo proceso o similar en la propuesta de empresa del grupo de trabajo, y si en la propuesta se incluye alguna innovación o cambio significativo que puede significar un valor añadido.

La segunda parte de esta actividad consiste en buscar en la página web de la Oficina Española de Patentes y Marcas (o en la página web de instituciones similares europeas o internacionales) alguna patente de un dispositivo que pueda ser de utilidad para la empresa. Se tiene que justificar la utilidad de la patente para la empresa en función de su ajuste a las características de la empresa, utilizando como referencia las siguientes variables: (1) adaptación de la patente a la propuesta de negocio; (2) estado de desarrollo de la tecnología; (3) grado de innovación (si correspondería a una innovación incremental o disruptiva); y (4) grado de internacionalización que podría tener la explotación de la patente, es decir, si la patente tiene protección internacional o, por el contrario, podría desarrollarse por un tercero sin costes de licencia alguno.

En un tercer apartado se solicita representar el dispositivo identificado en el apartado anterior mediante un software gráfico en tres dimensiones (haciendo uso de SolidWorks, Autodesk Inventor o similar). Sobre el mismo incorporar algún elemento o realizar una modificación que pueda dar lugar a una innovación. Adicionalmente, con objeto de contemplar la factibilidad económica de la propuesta de innovación, se ha de buscar en páginas web del gobierno local o regional, nacional o europeo posibles fuentes de financiación para la puesta en funcionamiento de la empresa propuesta, explicándose qué modalidad de ayuda sería la más apropiada para solicitar por parte de la empresa para comercializar la innovación/es identificada/s en apartados anteriores, con sus ventajas e inconvenientes. Finalmente, se solicita describir cómo se llevaría a cabo el desarrollo de la innovación basado en la patente tomando como modelo de referencia las normas UNE 166001 sobre Gestión de la I+D+i: Requisitos de un proyecto de I+D+i.

3.5 Creación de empresas

En el caso de la asignatura de creación de empresas, y a partir de lo realizado en las asignaturas anteriores, se plantea como objetivo el desarrollo de una propuesta innovadora de creación de una empresa. Esta propuesta debe incluir modelo de negocio (basándose por ejemplo en la plantilla de gestión estratégica Business Model Canvas), plan de marketing y estudio de viabilidad de la propuesta. Una de las claves es analizar la viabilidad técnica, económica y financiera del negocio propuesto. Los estudiantes realizan además varias presentaciones en clase, planteadas como una simulación en la que el equipo debe convencer a un grupo de accionistas para que financien la iniciativa propuesta.

4. Resultados

En esta ponencia se describe la experiencia realizada durante los cursos académicos 2018-2019, 2019-2020 y el presente curso 2021-2022. Durante los cursos 18/19 y 19/20, los estudiantes desarrollaron su trabajo en grupos estables para las cinco asignaturas, manteniéndose en todo momento el proyecto de curso. Durante el curso 19/20 se detectaron algunas disfunciones en el funcionamiento de los grupos en las asignaturas de PRY y DPI, con estudiantes que limitaban su participación a partes muy concretas del proyecto en lugar de trabajar todos sus aspectos, tal y como se solicitaba por parte del profesorado. Por esta razón, durante los cursos 20/21 y 21/22, las asignaturas de PRY y DPI ensayaron la realización individual del proyecto, mientras el resto de las asignaturas mantuvieron la realización en grupos. Durante el curso 20/21, debido a la necesidad de organizar la docencia

fundamentalmente en formato online debido a las restricciones originadas a raíz de la pandemia, y por las complejidades inherentes a esta forma de impartir docencia, no se logró mantener la continuidad de los proyectos entre primer y segundo semestre. El formato coordinado se recuperó en el curso 20/21. Por estas razones, los resultados referentes al curso 20/21 no son incluidos en esta ponencia.

4.1 Ejemplo de proyecto realizado por los estudiantes

Con el objetivo de reflejar más claramente la naturaleza y el alcance de los trabajos desarrollados por los estudiantes, esta sección ilustra los proyectos realizados mostrando brevemente uno de los proyectos realizados por los estudiantes durante el curso 19/20. El objeto del proyecto fue el diseño, descripción y justificación de las características de una planta de apoyo para el procesado pescado de acuicultura, para la comercialización de productos frescos y productos congelados con capacidad de procesamiento de 1500 toneladas al año de pescado (*Seriola dumerili*). Los datos generales del proyecto se presentan en la tabla 2.

Como puede apreciarse, el trabajo propuesto permite abordar los ámbitos del diseño y el proyecto de la planta y, posteriormente, los ámbitos de la gestión de la innovación tecnológica, la creación de empresas y su administración. Los proyectos realizados por el resto de grupos, y durante el resto de cursos académicos tendrán, en este sentido, naturaleza similar, y pueden abarcar, por ejemplo, el diseño de plantas para la fabricación de palas de aerogeneradores o de componentes para aeronaves para vuelos de carácter comercial.

Tabla 2: Datos generales del proyecto

Título del proyecto	PLANTA DE APOYO AL PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS DE LA ACUICULTURA
Ubicación	Polígono industrial de Salinetas (Gran Canaria)
Número de estudiantes	3
Curso académico	2019-2020

El contenido desarrollado por los estudiantes fue el mostrado en la tabla 3.

Tabla 3: Documentos que integran el proyecto

Documento	Contenido
1	Memoria y anejos (Anejo 1: Justificación del RSCIEI. Anejo 2: Instalación de BIEs. Anejo 3: Cumplimiento de las disposiciones mínimas de seguridad y Salud en el trabajo. Anejo 4: Cumplimiento de la normativa de calidad alimentaria. Anejo 5: Estudio de Mercado. Anejo 6: Capacidad de procesamiento. Anejo 7: Descripción de la maquinaria. Anejo 8. Bases de diseño y particularidades del sistema estructural. Anejo 9: Memoria de cálculo estructural)
2	Planos (31 planos)
3	Presupuesto
4	Estudio de inversiones y financiación. Simulación de la contabilidad de la empresa: balance, contabilidad del primer ejercicio económico, y cuentas anuales. Modelos fiscales. Contratos. Constitución de la sociedad.
5	Propuesta de innovación tecnológica en la empresa y desarrollo y gestión de la misma. Aplicación de las normas de la familia UNE 166.000.
6	Plan de empresa: modelo de negocio, viabilidad técnica, económica y financiera del negocio.

Las figuras 1 a 4 presentan algunos planos y documentos contenidos en dicho proyecto, a

modo de ilustración del trabajo realizado por los estudiantes. La figura 1 muestra el plano 6, que contenía los diagramas de flujo de procesos y materias, y la correlación entre los elementos definidos en dichos diagramas, y los distintos puntos de la planta. La figura 2 presenta dos secciones elaboradas por los estudiantes, donde se puede observar que definieron el edificio con un nivel de detalle medio, y que fueron capaces de aprovechar características fundamentales del software Revit. La figura 3 muestra el plano 28, donde se puede apreciar el tipo de estructura diseñada y dimensionada por los estudiantes. Por último, la figura 4 ilustra una de las tareas realizadas en la segunda parte de la asignatura de gestión de la innovación tecnológica: identificando un modelo de utilidad registrado, o una patente, de aplicación a la actividad industrial propuesta, planteando una mejora concreta para adaptarlo al caso concreto y documentando dicha adaptación.

Figura 1: Plano 6. Flujo de proceso y materiales.

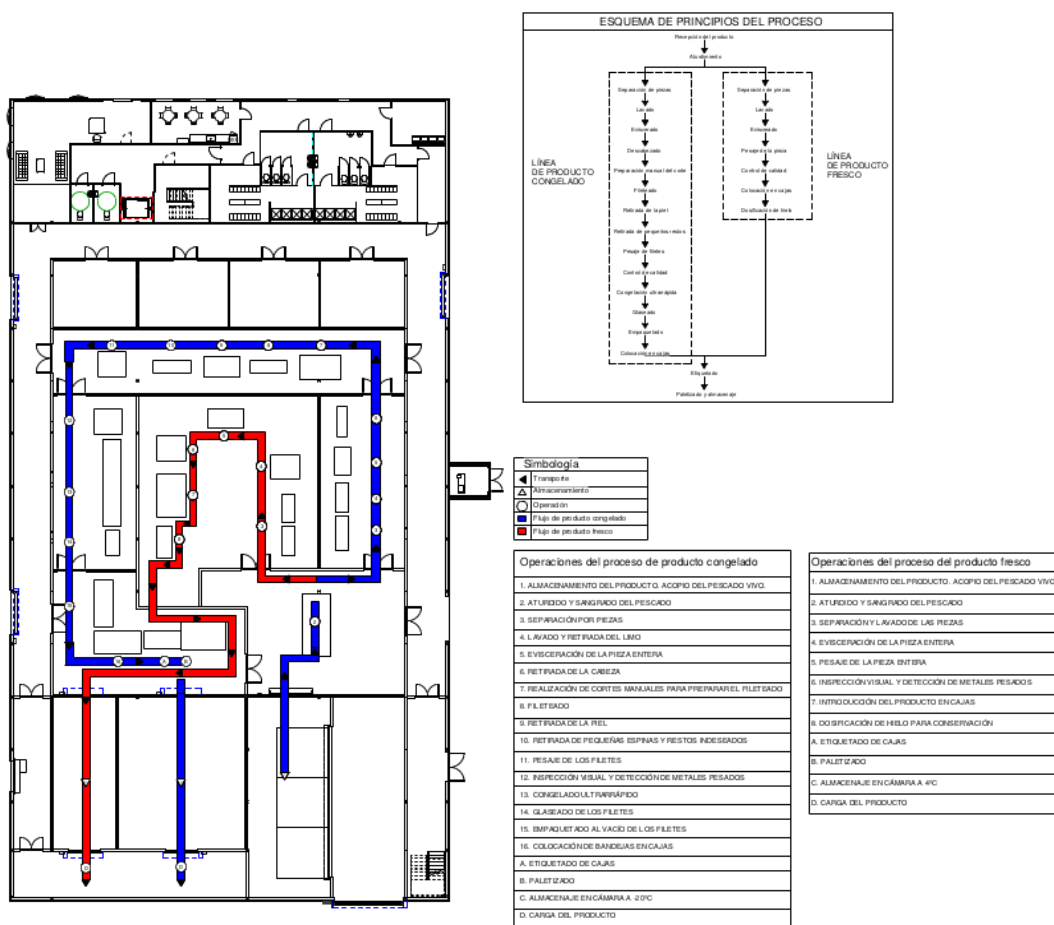


Figura 2: Plano 16. Secciones.

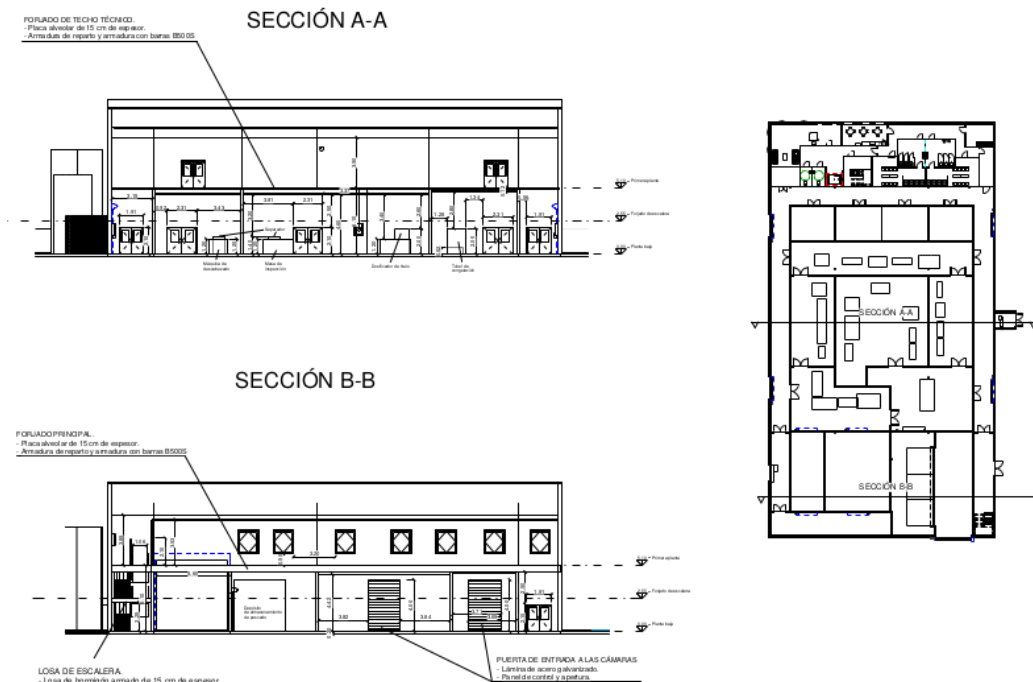


Figura 3: Plano 28. Estructura

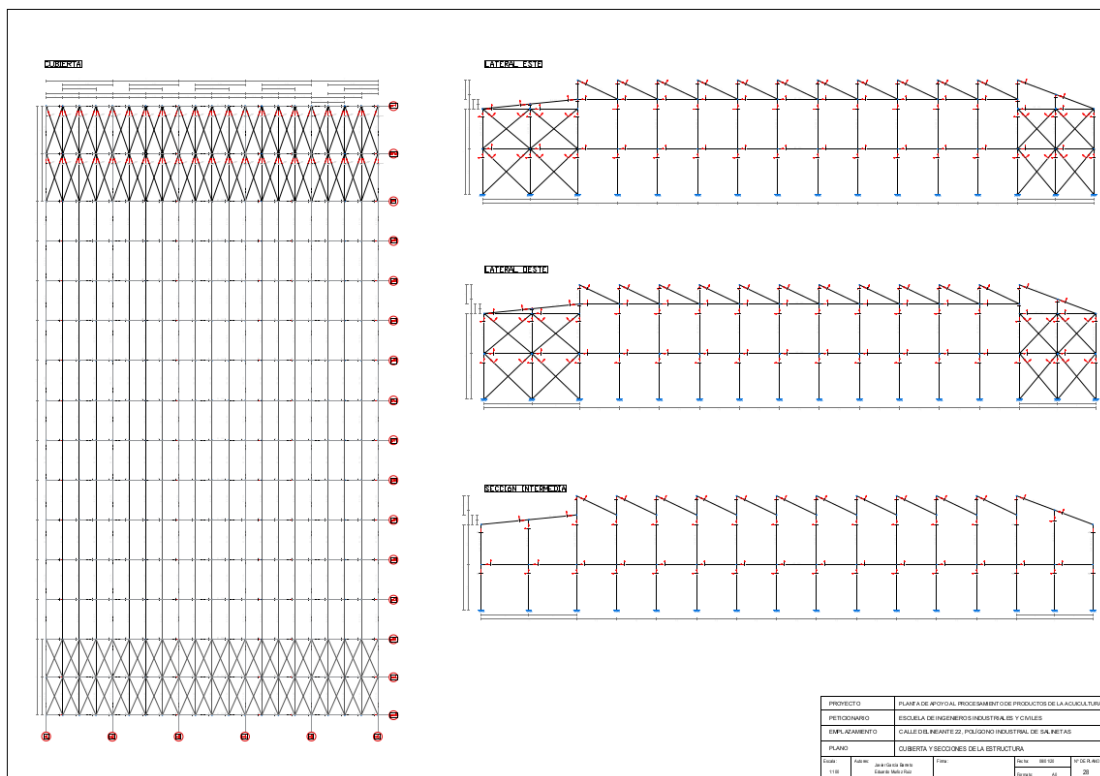
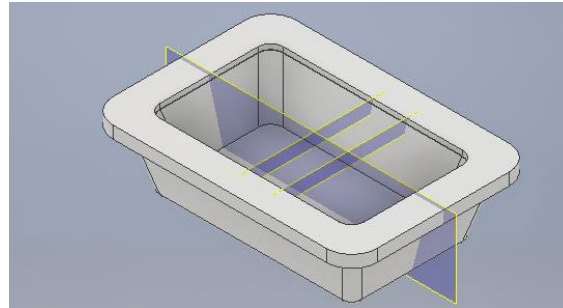


Figura 4: Representación en 3D de un diseño mejorado a partir de un modelo de utilidad registrado



4.2. Encuestas. Análisis de resultados

En los cursos en los que se implantó la actividad formativa del proyecto integrado, los profesores de las distintas asignaturas coordinadas solicitaron a los estudiantes sus opiniones de manera informal sobre la marcha de la experiencia. Se pudo constatar que la propuesta era positivamente valorada. Esta coincidencia en las opiniones expresadas verbalmente por los estudiantes animó inicialmente al grupo de profesores a proseguir con la realización del proyecto integrado durante sucesivos años académicos. No obstante, con objeto de recopilar datos fehacientes sobre las opiniones de los estudiantes, se elaboró un cuestionario (ver tabla 4). El cuestionario incluye 10 preguntas cuyas respuestas se expresan mediante una escala Likert de cinco puntos. Dicho cuestionario se entregó en formato papel a los estudiantes matriculados en el curso 21/22, y fue respondido por 25 personas. Con objeto de conocer las opiniones de estudiantes matriculados en cursos anteriores se habilitó el mismo cuestionario mediante la aplicación Forms de Microsoft para que pudieran responder en línea. En este caso resultó más complicado contactar con los estudiantes dado que la mayoría ya no hacen uso del correo institucional de la universidad. No obstante, se solicitó a algunos de los estudiantes con los que se pudo contactar si podían hacer extensivo el enlace al cuestionario a través de sus redes sociales. Se obtuvo la respuesta de 12 antiguos estudiantes. En total, el número de cuestionarios respondidos ascendió a 37. La tabla 4 recoge los valores de las medias aritméticas y desviaciones estándar de las respuestas.

Tabla 4: Estadísticos descriptivos de las respuestas obtenidas en el cuestionario

	Media aritmética	Desviación estándar
1. El proyecto integrado me ha posibilitado obtener una visión global de la actividad profesional de la ingeniería industrial	4,19	0,739
2. El enfoque del proyecto integrado me ha permitido familiarizarme con la redacción de proyectos de naturaleza industrial	3,95	0,970
3. El enfoque del proyecto integrado me ha permitido identificar relaciones entre los contenidos de las asignaturas	4,27	0,732
4. El enfoque del proyecto integrado me ha permitido aprender más que con la forma habitual de trabajos independientes por asignatura	4,17	0,737

5. Lo exigido en el proyecto integrado es coherente con los contenidos impartidos en las distintas asignaturas participantes	3,95	0,780
6. Existe una coordinación adecuada entre los profesores participantes en el proyecto integrado	3,43	0,929
7. Utilidad general de lo aprendido en el proyecto integrado para mi formación profesional	4,05	0,743
8. Considero que este tipo de actividad basada en la elaboración de un proyecto debería haberse llevado a cabo más a menudo durante mi formación universitaria	4,57	0,728
9. El esfuerzo que me supone un proyecto integrado de este tipo en relación con el enfoque tradicional es	3,70	1,024
10. Valoración global del proyecto integrado	4,00	0,745

Como se puede observar, una gran parte de las valoraciones supera el valor de 4 en una escala sobre 5 puntos. La valoración global del proyecto fue de 4 puntos, destacando asimismo el amplio consenso, con una valoración de 4,57, respecto a la pregunta en la que se planteaba la idoneidad de llevar a cabo este tipo de actividad basada en la elaboración de un proyecto más a menudo durante la formación universitaria. Por el contrario, el aspecto peor valorado fue la coordinación entre los profesores participantes en el proyecto integrado (pregunta 6, con valoración de 3,43). Se trata de un asunto que, aunque no supone un valor inferior a la mitad del rango posible, sí indica cierta disconformidad. Como el cuestionario permitía que los estudiantes expresaran opiniones adicionales libremente, y de forma totalmente anónima, se pudo constatar que la menor valoración de esta pregunta estaba relacionada con la percepción de un exceso de trabajo por parte de los estudiantes en el primer semestre del curso frente al segundo. Este aspecto ofrece información valiosa de cara al ajuste que se puede efectuar en futuros cursos académicos sobre el proyecto integrado.

5. Discusión

El análisis de los trabajos realizados por los estudiantes durante este periodo, las observaciones realizadas por ellos mismos y los resultados de la encuesta mostrada en el apartado anterior, permiten afirmar que la coordinación de las distintas asignaturas mencionadas para trabajar sobre un proyecto integrado común genera un impacto significativamente positivo en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Ello es debido, principalmente, a que permite acometer en cada asignatura tareas más complejas, y con mayor profundidad, que lo que sería posible cuando cada asignatura debe trabajarse de manera independiente, y cuando en cada asignatura los supuestos de partida deben elaborarse cada vez. Como consecuencia, en comparación con el enfoque anterior (y más tradicional), con asignaturas menos vinculadas entre sí, este enfoque permite desarrollar las competencias asociadas a estas asignaturas con más profundidad, y sobre supuestos más cercanos a los escenarios profesionales para los que se prepara al estudiante.

Un ejemplo concreto de esto es el diseño y cálculo de estructuras, acometido fundamentalmente en la asignatura de Diseño, Construcción y Explotación de Plantas industriales. El hecho de partir de un diseño del edificio previamente trabajado en la asignatura

de Proyectos, y donde ya se han tenido en cuenta aspectos básicos de la estructura necesaria, permite que, posteriormente, en la asignatura de Diseño, Construcción y Explotación de Plantas Industriales se disponga del tiempo suficiente para culminar el diseño y para dimensionar la estructura (incluyendo aspectos como el estudio de los casos de carga o la cimentación). Además, este enfoque permite efectuar el proyecto para un edificio industrial completo, de características perfectamente realistas, en lugar de sobre estructuras sin un contexto claro o con supuestos simplificados. Otra variable de interés es que son los propios estudiantes los que han ido tomando las decisiones que afectan al diseño y las particularidades de la estructura, con lo que llegan a estas últimas fases del diseño comprendiendo mucho mejor las razones que conforman la solución estructural finalmente seleccionada. Por supuesto, este proceso de aprendizaje y de trabajo más profundo (como los procesos equivalentes que los estudiantes desarrollan posteriormente en las asignaturas del ámbito de la gestión), puede también llevarse a cabo, por ejemplo, en el Trabajo Fin de Máster (TFM), pero es necesario recordar que no todos los estudiantes desarrollan TFMs de la misma naturaleza. De esta manera, por tanto, se promueve también que todos los estudiantes desarrollen y alcancen las competencias del título con la mayor profundidad posible.

Por otro lado, los resultados de la encuesta indican claramente que este enfoque facilita a los estudiantes obtener una visión global de la profesión del Ingeniero Industrial. Es también interesante resaltar que los estudiantes han indicado con claridad que consideran que este tipo de proyectos conjuntos, que favorecen la coordinación y el desarrollo de sinergias entre asignaturas diferentes, debería realizarse con más frecuencia a lo largo de los estudios. Teniendo en cuenta que esta propuesta no les ha supuesto una menor carga de trabajo sino, incluso, un mayor esfuerzo en comparación con el enfoque más tradicional, parece claro que los estudiantes han percibido un claro beneficio para su formación, razón por la cual se plantea la continuación de esta iniciativa para los cursos siguientes. En todo caso, otra de las aportaciones más útiles ofrecidas por los estudiantes en las encuestas es la necesidad de continuar mejorando en lo referente a la coordinación entre profesores.

Por último, es interesante destacar que este proyecto no pretendía una mejora en la calificación de los estudiantes (y por eso no se ha efectuado la comparación con las calificaciones obtenidas tras la implantación del nuevo enfoque), sino una mejora en el desarrollo de habilidades complementarias que no entran dentro del proceso habitual de evaluación. Entre esas mejoras se encuentra el desarrollo de la interdisciplinariedad, el acercamiento a la elaboración de proyectos reales, que no estén sometidos a la compartimentalización académica que impone la estructura docente universitaria, y también el trabajo en equipo. Estos aspectos, entre otros, son los que fueron valorados a través de cuestionario. La evaluación académica permaneció inalterada dado que los objetivos de los conocimientos adquiridos se evalúan en función de las competencias y características detalladas en la Orden Ministerial que regulan estos estudios.

6. Conclusiones

Del desarrollo de esta experiencia se han obtenido las siguientes conclusiones:

1. Desde el punto de vista del profesorado, se ha constatado que la implantación de este proyecto integrado entre distintas asignaturas:
 - a) fomenta la coordinación entre el profesorado, evitándose duplicidades en los contenidos y facilitando la detección de posibles deficiencias en la amplitud y profundidad de estos;

b) exige una coordinación adecuada, siendo necesario en este caso reforzar aún más la coordinación entre los profesores;

c) es necesario conseguir que los estudiantes puedan trabajar aún más la redacción de documentación técnica sin que eso conlleve un aumento excesivo en la carga de trabajo; y

d) es importante evaluar este tipo de acciones de manera sistemática, para conocer de manera fehaciente las opiniones del estudiantado y las áreas que necesitan ser mejoradas o modificadas.

2. Desde el punto de vista de los estudiantes, se ha constatado que:

a) la implantación de este enfoque permite a los estudiantes aprender más que con un enfoque tradicional independiente entre asignaturas;

b) los estudiantes valoran su utilidad, e indican que les hubiera gustado haber realizado este tipo de proyectos en los cursos anteriores;

c) la implantación de este enfoque permite a los estudiantes obtener una visión global de la actividad profesional de la ingeniería industrial; y

d) los estudiantes perciben que este enfoque conlleva una carga de trabajo que es sólo ligeramente superior a la que sería requerida en el enfoque tradicional

Finalmente, es necesario destacar que profesores y estudiantes valoran positivamente esta iniciativa. Se concluye que la puesta en práctica de este tipo de proyectos integrados y multidisciplinares entre asignaturas de distintos ámbitos, en un mismo curso académico del Máster Universitario en Ingeniería Industrial, conlleva beneficios interesantes en el ámbito de la formación de los futuros ingenieros industriales, y entendemos que se justifica la continuidad de este proyecto, mejorando los aspectos que han sido detectados.

7. Referencias

Chen C H, Yang Y C (2019) Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis investigating moderators. *Educational Research Review* 26, 71-81.

Ricaurte M., Vilorio A. (2020) Project-based learning as a strategy for multi-level training applied to undergraduate engineering students, *Education for Chemical Engineers*, Volume 33, 102-111.

Nikiema, J., Rivard, F., Heitz, M., (2009) Lignin oxidation to generate vanillin: an integrated learning project for chemical engineering students. *Educ. Chem. Eng.* 4, 68–73.

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

