

Aprendizaje basado en proyectos aplicados al cálculo de estructuras destinadas al sector industrial

Project-based learning applied to the calculation and measuring of industrial structures

García-Castillo Shirley K.¹, Iváñez Inés², Sánchez-Sáez Sonia², Barbero Enrique⁴, Prados María⁵, Sánchez Víctor⁶
¹sgcastil@ing.uc3m.es, ²idel@ing.uc3m.es, ³ssanchez@ing.uc3m.es, ⁴ebarbero@ing.uc3m.es, ⁵mprados@ing.uc3m.es, ⁶vsmoreno@ing.uc3m.es

Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras
Universidad Carlos III de Madrid
Leganés, España

Resumen- El objetivo de este proyecto era mejorar la formación teórica que se imparte en una de las asignaturas del Master Universitario en Ingeniería Estructural, a través del desarrollo de un trabajo práctico que contemple el diseño, cálculo y dimensionamiento de una estructura metálica. Con este fin, se planteó a los estudiantes un proyecto de ingeniería haciendo uso de uno de los softwares que se utilizan a nivel profesional. De esta forma se consiguió que los estudiantes alcanzarán una visión más completa y formación ajustada a la realidad profesional del ingeniero estructural, así como aumentar su interés por la asignatura. Finalmente, ha permitido establecer un trabajo teórico-práctico que se extenderá a los siguientes cursos.

Palabras clave: *proyecto profesional, estructuras, ingeniería.*

Abstract- The objective of this project was to improve the theoretical training given in one of the subjects of the Master in Structural Engineering with the development of a practical work involving the design, calculation, and structural dimensioning of a metallic structure. To this end, the students were presented with an engineering project using one of the software packages used at a professional level. In this way, the students were able to obtain a more complete vision and training adapted to the professional reality of the structural engineer, as well as increasing their interest in the subject. Finally, it has allowed the creation of a theoretical-practical work that will be extended to subsequent courses.

Keywords: *professional project, structures, engineering.*

1. INTRODUCCIÓN

La educación está cambiando constantemente. Los procedimientos de enseñanza-aprendizaje evolucionan y se modifican con el fin de alcanzar el adecuado desarrollo integral del alumnado en todas las fases educativas. Por ello, surge la necesidad de la innovación docente, que busca alternativas interesantes y motivadoras para lograr un aprendizaje real y duradero. La importancia de los proyectos de innovación docente (PID) se centra en diseñar y poner en funcionamiento novedosas oportunidades de aprendizaje que favorecen el interés del alumnado, mejoran sus relaciones con los compañeros, permiten la asimilación de contenidos de forma más eficaz e inician a los estudiantes en desarrollo de actividades profesionales y cercanas al entorno laboral (De la

Iglesia Villasol, M.C. 2018). Específicamente, en el caso del aprendizaje basado en proyectos los estudiantes establecen, implementan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo profesional más allá del campo académico (Galeana, L. 2006).

En este marco, el PID que se presenta en este trabajo se desarrolló en “la asignatura obligatoria de Estructuras y Construcciones Industriales (ECI)”, del 1er curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial (MUII) de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). Esta propuesta estuvo enfocada a la aplicación de un aprendizaje basado en proyectos en la enseñanza de la asignatura.

El PID contempló la modificación del aprendizaje práctico de los estudiantes, los cuales realizaron un proyecto ingenieril aplicado mediante un programa comercial de amplio uso por parte de las empresas de ingeniería dedicadas al cálculo estructural. Se aplicaron los conceptos teóricos impartidos en la asignatura y se complementaron las actividades prácticas que inicialmente realizaban los estudiantes. Uno de los principales objetivos era incrementar el interés del alumnado por la asignatura al enfrentarse a un proyecto real, representativo del que se podrían encontrar en su vida profesional, contribuyendo a una mejora en su formación académica y profesional.

Los estudiantes desarrollaron un proyecto de ingeniería estructural que les permitió conocer los fundamentos del diseño y cálculo de estructuras industriales, donde se incluyó: el cálculo de acciones sobre las estructuras, el dimensionamiento de perfiles y el cálculo de las uniones características en estructuras metálicas, desde un punto de vista analítico (fase 1), aplicando directamente el Código Técnico de la Edificación (de la Edificación, C. T. [CTE]) y desde un punto de vista computacional (fase 2), aplicando módulos de CYPE Ingenieros S.A. (CYPE Ingenieros [CYPE]). Este desarrollo dio lugar a la aplicación del modelo de “Educación 4.0”, el cual se presenta como un modelo docente flexible y adaptativo, cuya principal característica es apoyarse en las tecnologías de la información y la comunicación y, especialmente en las tecnologías de la digitalización de la “Industria 4.0” (Bermúdez, G.M. 2021).

Los estudiantes realizaron la fase 1 del proyecto de forma individual. Esta fase es fundamental en la formación del ingeniero estructural porque se lleva a cabo aplicando únicamente el Código Técnico de la Edificación (CTE) para el dimensionado de una estructura típica del ámbito de la ingeniería industrial, sin ayuda de software específico (Universidad Carlos III de Madrid, [UC3M]). La fase 2 del proyecto se realizó empleando dos módulos del software CYPE. Este software incorpora dentro de sus librerías las normas nacionales e internacionales vigentes que se aplican para realizar el cálculo, dimensionamiento y comprobación de estado límite último (ELU) y estado límite de servicio (ELS) en estructuras, ajustadas específicamente al CTE, que se estudia en la asignatura donde se desarrolló el PID. Adicionalmente, los estudiantes adquirieron experiencia en el uso del software CYPE. Específicamente se emplearon los módulos de “Generador de Pórticos” y “CYPE-3D” de la librería de programas de CYPE Ingenieros S.A (Figura 1), empresa española que desarrolla software para: Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Cálculo de estructuras. Software técnico. Proyectos de Ingeniería.

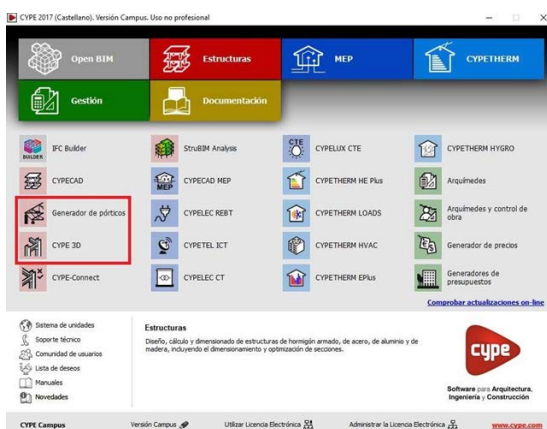


Figura 1. Módulos de interés del software CYPE Ingenieros

2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

En los cursos anteriores a la realización del PID, en la asignatura de Estructuras y Construcciones Industriales, que se imparte en el 1er curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial de la UC3M, los estudiantes realizaban un trabajo práctico de cálculo y dimensionado de un elemento constructivo que forma parte de una estructura metálica. Esta actividad les resulta de gran utilidad para el aprendizaje de la asignatura, ya que emplean las herramientas analíticas presentadas en las clases teóricas, que se basan en la normativa vigente en España (CTE), por dicho motivo se mantuvo en el desarrollo del PID. Sin embargo, este trabajo no era un proyecto de ingeniería como tal y no se abordaba de una manera representativa como se haría a nivel profesional.

Los estudiantes tampoco conocían el funcionamiento de software específico que les permitiese desarrollar un proyecto en el ámbito del cálculo de estructuras destinadas al sector industrial. Considerando que este tipo de software es de uso habitual a nivel profesional, es recomendable que además de la formación en el manejo de la normativa vigente CTE, que se impartía en esta asignatura, los estudiantes estén familiarizados con uno de los programas comerciales más utilizados en desarrollo de proyectos de cálculo estructural.

La realización de este proyecto permitió a los estudiantes enfrentarse a un proyecto de ingeniería de diseño y cálculo de estructuras metálicas, empleando las herramientas analíticas aprendidas en las clases teóricas de la asignatura y también herramientas informáticas contenidas en el software CYPE.

También se identificaron las fortalezas de la asignatura, se añadieron las competencias de acuerdo con DigCompEdu que permitieron mejorar la calidad del aprendizaje y finalmente se ha garantizado la continuidad del PID (Redecker, C. 2020).

Para cumplir los objetivos del PID, se establecieron las siguientes actividades realizadas por los profesores, donde las actividades 1, 2 y 3 corresponden al curso en el que se implantó el PID, mientras que las actividades 4 y 5 son comunes a todos los cursos (Figura 2):

1. Definición del proyecto a desarrollar estableciendo los requisitos de diseño y la normativa a emplear a modo del pliego de condiciones que estaría establecido en un proyecto de ingeniería real. Esta actividad será recogida en un documento que será distribuido entre los estudiantes de la asignatura.
2. Desarrollo de una guía rápida de uso de los módulos de CYPE que le será proporcionada a los estudiantes de la asignatura.
3. Preparación e impartición de una sesión formativa por parte de profesores del Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, que permitirá a los estudiantes conocer el funcionamiento inicial del de los módulos “Generador de Pórticos” y CYPE-3D de CYPE-Ingenieros para que, posteriormente, puedan trabajar de forma autónoma. La impartición de estas sesiones informativas estará registrada dentro las actividades docentes presenciales de la asignatura (14,5 sesiones presenciales de acuerdo con la estructura docente de la EPS, para una asignatura de 3 ECTS, como es este caso).
4. Corrección del informe técnico que entregarán los estudiantes, en grupo de tres personas, al finalizar su proyecto
5. Desarrollo de encuestas específicas que realizarán los estudiantes.

A partir de la implementación del PID las actividades desarrolladas por los estudiantes para todos los cursos son las siguientes (Figura 2):

1. Realización de un trabajo práctico individual, donde los estudiantes calculen analíticamente las acciones sobre la estructura que se diseñará, el dimensionamiento de perfiles y el cálculo de las uniones características en estructuras metálicas, de acuerdo con el CTE.
2. Solicitud de los estudiantes a CYPE-Ingenieros, S.A. (Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción) de la licencia educativa gratuita que se proporciona a los estudiantes universitarios desde la empresa que distribuye el software. De esta forma, se facilita el acceso a la última versión del programa CYPE-Ingenieros y por consiguiente se permite el manejo de dicha herramienta informática.
3. Asistencia obligatoria de los estudiantes a la sesión formativa, donde cada grupo de teoría deberá ser dividido en subgrupos de 20 estudiantes. En cada sesión formativa se comprobará la asistencia de los estudiantes.

- Realización por parte de los estudiantes del proyecto definido por los profesores. Este trabajo se realizará en grupos de tres personas.
- Realización y entrega de un informe técnico, que será realizado por grupo y donde se recoja todo el trabajo de diseño y cálculo de la estructura propuesta, tanto de manera analítica como numérica.
- Realización de una encuesta específica para evaluar el grado de satisfacción de los estudiantes con la incorporación del proyecto de innovación docente en la asignatura.



Figura 2. Resumen de actividades del desarrollo del Proyecto de Innovación Docente

3. RESULTADOS

La “asignatura ECI” tiene dos características fundamentales: un alto porcentaje de aprobados tanto en la Fase I del PID como en la calificación definitiva de la asignatura; en ambos casos, con una media de notable. Por ello, se establecieron dos objetivos específicos: 1) incrementar el interés de los estudiantes en la asignatura, y 2) facilitar el aprendizaje de destrezas relacionadas con el cálculo y dimensionado estructural, de acuerdo con la actividad profesional desarrollada por un ingeniero estructuralista. Para evaluar el impacto del PID fue necesario diseñar una estrategia específica, que se muestra en la Figura 3.

A. Indicadores de mejora

Para el PID desarrollado en la “asignatura ECI”, se utilizaron como indicadores de mejora de aprendizaje y satisfacción los siguientes aspectos. Los puntos 1, 2 y 3 fueron contabilizados de forma global por parte cada uno de los profesores que participaron en la impartición de la asignatura:

- El número de tutorías realizadas por parte de los profesores que impartieron las clases de teoría relacionadas con el cálculo analítico las acciones sobre la estructura que se diseñó, así como con el dimensionamiento de perfiles y el cálculo de las uniones características en estructuras metálicas, de acuerdo con el CTE.

- El número de tutorías realizadas por parte de profesores que impartieron la sesión formativa y que estuvieron directamente relacionadas con la utilización de la herramienta informática para el desarrollo del proyecto.
- Participación activa de los estudiantes durante la realización de las sesiones prácticas con los módulos de Generador de pórticos y CYPE-3D de CYPE Ingenieros.
- Realización de una encuesta específica que evaluó el grado de satisfacción de los estudiantes y profesores con la incorporación del PID en la asignatura.
- Evaluación por parte de los profesores de la asignatura del proyecto desarrollado por los estudiantes.

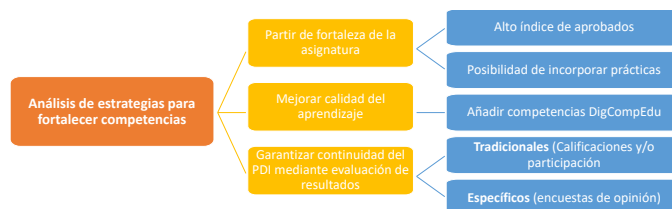


Figura 3. Aplicación del Proyecto de Innovación Docente

Las consecuencias de los resultados de estos indicadores definieron los aspectos a mejorar en la actividad docente de la asignatura para los siguientes cursos.

De forma global el PID usó las tecnologías digitales para definir las competencias DigCompEdu (Figura 4) adquiridas por profesores y estudiantes y que se detallan a continuación:

- Mejorar comunicación y colaboración del equipo docente.
- Crear y distribuir nuevos recursos digitales por parte del equipo docente.
- Accesibilidad, inclusión, personalización y autoaprendizaje por parte de los estudiantes.
- Mejorar las competencias digitales del estudiante en habilidades transversales.



Figura 4. Valoración competencial del PID

Los principales resultados a resaltar del PID para los dos cursos fueron:

1. El número de tutorías realizadas por los profesores que impartieron las sesiones teóricas y prácticas se incrementaron.
2. La participación de los estudiantes fue más activa, esto se demostró en el número de preguntas realizadas durante la sesión de prácticas en el primer curso de aplicación del PID, así como en las dos sesiones prácticas del segundo curso.
3. En los dos cursos de aplicación del PID y previo las notas del trabajo práctico se han mantenido entre los 8,9-9,0. Sin embargo, más del 85% de los alumnos han incrementado su interés en la asignatura.
4. El 95% de los estudiantes consideran relevante la incorporación de este proyecto de cálculo estructural a la asignatura.
5. El 97% de los alumnos evaluaron de forma positiva el desarrollo de un proyecto ingenieril con el programa CYPE-Ingenieros.
6. El 77,65% de los estudiantes estuvo de acuerdo en incorporar una sesión adicional de los módulos de CYPE-Ingenieros. Dada las actividades presenciales de la asignatura a partir del curso 2022-2023 quedaron fijadas en dos sesiones prácticas con los módulos “Generador de Pórticos” y CYPE-3D de CYPE-Ingenieros.
7. Un 91% de los alumnos opinan que su actividad profesional mejorará debido a la incorporación del PID.

4. CONCLUSIONES

El PID desarrollado permitió complementar la formación teórica que se impartía en la asignatura. De esta forma, los estudiantes alcanzaron una formación y visión más completa y ajustada a la realidad del trabajo que realizan los ingenieros que se dedican al cálculo estructural.

El PID permitió incrementar el interés de los estudiantes por la asignatura y desarrollar las habilidades profesionales necesarias a aplicarse en el cálculo estructural.

El interés de los estudiantes fue evaluado de forma global por parte cada uno de los profesores que impartieron la asignatura y atendiendo a las respuestas al cuestionario cumplimentado por

los estudiantes, que se realizó en la aplicación de “Formularios” de Google.

El PID permitió cambiar la metodología del trabajo práctico de los alumnos, incrementando el número de sesiones prácticas con los módulos: Generador de Pórticos y CYPE-3D.

El incremento de sesiones prácticas se realizó de forma gradual, estableciéndose finalmente dos sesiones prácticas que están de acuerdo con el modelo docente de Escuela Politécnica Superior de la UC3M.

En asignaturas con un alto índice de aprobados, el interés de los PID se puede centrar en el incremento del interés de los alumnos y la aplicabilidad al ámbito profesional de las actividades planteadas, esto se puede realizar siempre y cuando se establezca una estrategia específica que permita desarrollar y evaluar el PID.

REFERENCIAS

- De la Iglesia Villasol, M. C. (2018). Aprendizaje Basado en un Proyecto Docente: Aprendizaje, creatividad, innovación y nuevos roles en la formación de profesorado en la era digital. *Revista Complutense de Educación*, 29(4), 1253.
- Galeana, L. (2006). Aprendizaje basado en proyectos. *Revista Ceupromed*, 1(27), 1-17.
- Código Técnico de la Edificación, CTE (2006). Disponible en la web: <https://www.codigotecnico.org/> (Última vez consultado Octubre 2018).
- Universidad Carlos III de Madrid. Ficha Reina Estructuras y Construcciones Industriales, UC3M (30 mayo 2023). <https://aplicaciones.uc3m.es/cpa/generaFicha?est=226&sig=14275&idioma=1>
- CYPE Ingenieros. (30 mayo de 2023). <https://www.cype.es/>
- Bermúdez, G. M., & Ferrer, A. E. E. (2021). El reto de la educación 4.0: competencias laborales para el trabajo emergente por la covid-19. *RICSH Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*.
- Redecker, C. (2020). Marco europeo para la competencia digital de los educadores: *DigCompEdu*.