

RETOS ESTRUCTURALES: UNA OPORTUNIDAD PARA EL APRENDIZAJE EXPERIMENTAL

B. González Rodrigo ^{1*}, J.C. Mosquera Feijoo ², S. González-Rodrigo ³, F. Magdalena-Layos ³, G. García-López-de-la-Osa³, L.A. Zurita-Díaz ³, F. de Isidro⁴, F. Hernando⁴, D. Caballo³

1: Dpto Ingeniería Civil: Construcción, Infraestructuras y Transportes. ETSI Civil UPM
ETSI Civil

Universidad Politécnica de Madrid

e-mail: beatriz.gonzalez.rodrico@upm.es

2: Dpto Mecánica de los medios continuos

ETSI Caminos, Canales y Puertos

Universidad Politécnica de Madrid

e-mail: juancarlos.mosquera@upm.es

3: Dpto. Construcciones arquitectónicas y su control

ETS edificación

Universidad Politécnica de Madrid

e-mail: sonsoles.gonzalez@upm.es; fernando.magdalena@upm.es;
g.garcia.lopezosa@upm.es; a.zuritad@alumnos.upm.es; david.caballo@upm.es .

4: Escuela Politécnica Superior

Universidad San Pablo CEU

e-mail: isidro.eps@ceu.es; hernando.eps@ceu.es

Resumen. *El aprendizaje experiencial y cooperativo es una herramienta empleada por el docente para complementar las clases magistrales y facilitar el proceso de asimilación y profundización de conceptos constructivos y estructurales. El objetivo de este proyecto es implicar al alumno en el proceso de aprendizaje a través de la creación de modelos y experimentación.*

A lo largo del curso 2018-2019 se han realizado dos tipos de talleres. El primero encaminado a retar al estudiante para que fabricaran modelos estructurales incorporando el CAD-CAM y empleando una cortadora laser. El segundo pretendía implicar al alumno en diseño de uniones a escala de estructuras metálicas y la observación de su fabricación ejecución mediante impresora 3D.

Estas actividades han sido muy bien recibidas por los estudiantes fomentando el intercambio alumno profesor y universidad-empresa. Han permitido, además, un foro de intercambio de experiencias docentes entre profesores de distintas escuelas y universidades.

Palabras clave: Aprendizaje basado en retos, Redes Docentes, Aprendizaje Experiencial, Competencias transversales.

1. Introducción

El desarrollo de la enseñanza basada tradicionalmente en clases magistrales está en continua adaptación a las nuevas metodologías surgidas en la implantación de

nuevos requerimientos del EEES. El empleo de trabajo cooperativo y talleres prácticos son algunas de las herramientas empleadas para complementar la formación [1,2]. Los laboratorios de modelos estructurales para ensayos destructivos y no destructivos constituyen un excelente complemento a las teorías impartidas en las aulas, permitiendo al alumno asimilar conocimientos mediante la experimentación y transformándole en el protagonista de su proceso de aprendizaje [3,4].

Los modelos a escala reducida permiten analizar y comprender cómo influyen en el comportamiento de las estructuras, las características geométricas, dimensionales, del material y de trabazón en los nudos [5]. Así mismo, es fácil comprobar como distintos elementos constructivos con función estructural son capaces de presentar respuestas diferentes cuando se consideran distintas hipótesis de carga. Por ello, es posible lograr un avance significativo en la simulación de comportamientos básicos de uniones de los diferentes elementos estructurales explicados en las lecciones teóricas, atendiendo a los distintos criterios de carga, dimensionado y conexión expuestos, permitiendo comprobar visualmente conceptos de transmisión de cargas, deformaciones, inestabilidad por pandeo y variables de las cuales dependen. Estos modelos permiten profundizar sobre la importancia de la estabilidad global y parcial de las estructuras y de qué manera decisiones de ejecución en obra puede influir significativamente en el comportamiento final de la estructura.

Actualmente, herramientas al alcance de nuestros estudiantes como la impresora 3D o la cortadora laser, permiten crear modelos con una mayor precisión, lo que facilita el aislamiento de un comportamiento estructural, objeto de análisis, de otras variables propias de la ejecución de las maquetas. Con la impresión 3D se puede obtener casi cualquier geometría, por compleja que ésta sea [6] y con la cortadora laser se pueden realizar cortes de piezas con una exactitud milimétrica. Esta versatilidad ofrece una gran oportunidad a la enseñanza, permitiendo generar material experimental para mejorar el proceso de aprendizaje en el seno de un taller de modelos estructurales y mantener este material para futuras clases.

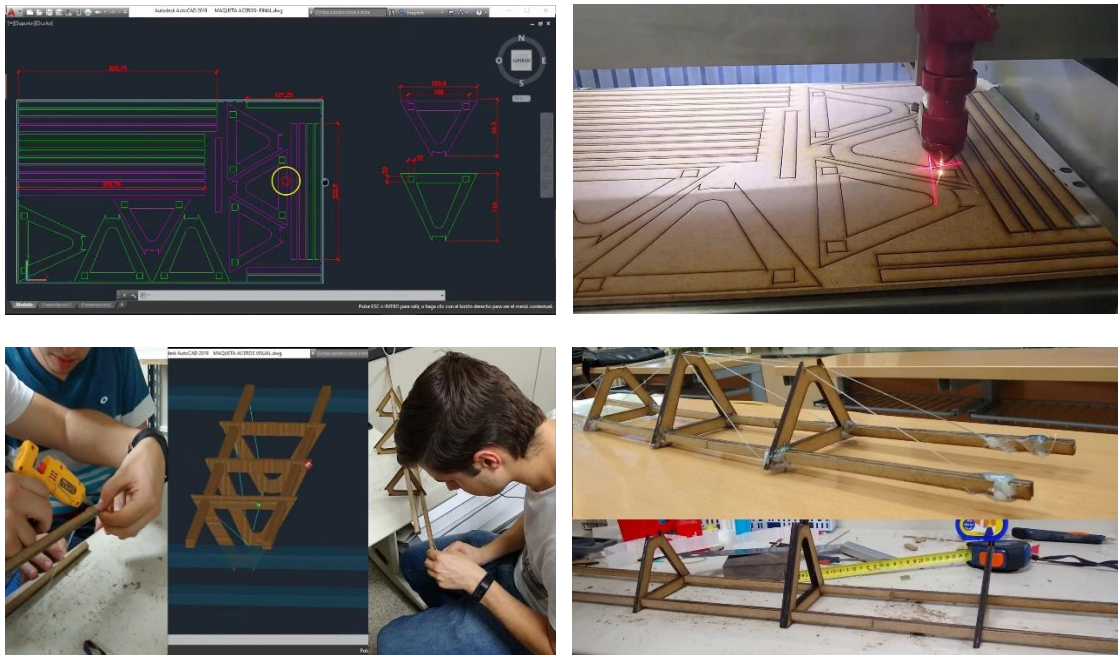
El objetivo de este proyecto es implicar al alumno en el proceso de aprendizaje a través de la creación de modelos y experimentación. Mediante este proceso se quiere reforzar las competencias específicas, tales como el comportamiento de elementos constructivos, el funcionamiento resistente de las estructuras y los fundamentos de los sistemas constructivos con distintos materiales.

2. Desarrollo del proyecto

Gracias al proyecto de innovación educativa se han realizado dos actividades: La primera un reto de modelos estructurales y la segunda la fabricación de kits estructurales de uniones y de maquetas a partir de la impresión 3D.

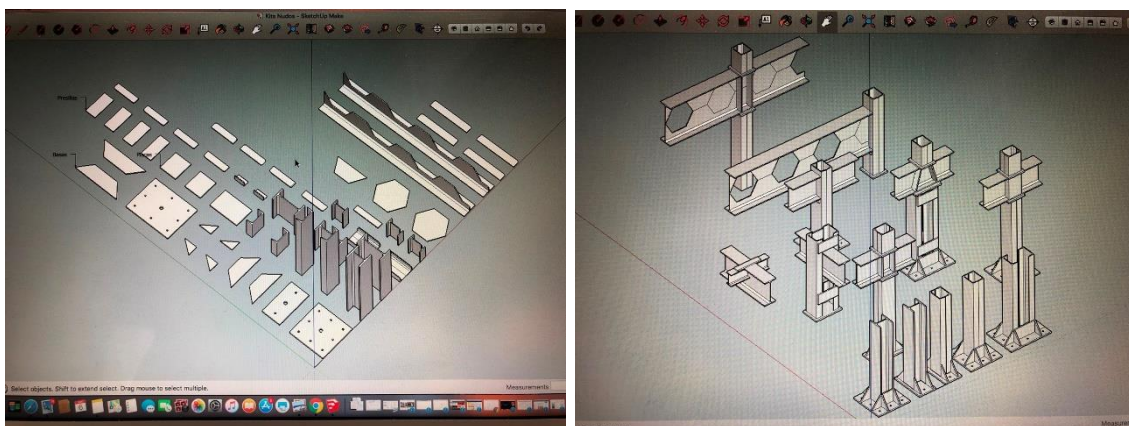
En el primer caso, al auto-aprendizaje mediante realización de modelos físicos por equipos de alumnos en un ambiente competitivo, se ha querido añadir al proceso el desarrollo de nuevas habilidades. Éstas consisten en la necesidad de una planificación previa, la utilización de herramientas CAD y la fabricación de los modelos incorporando el CAD-CAM mediante una cortadora laser. Se pretende, además del aprendizaje del comportamiento de un tipo común de estructuras, que los equipos se introduzcan en el uso de procedimientos como los que más adelante deberán desarrollar en su actividad profesional (Figura 1). En ella, para construir una estructura, deberán desarrollar un proyecto sujeto a condicionantes normativos (las reglas del reto), económicos (la cantidad de material que pueden utilizar) y del proceso de producción (las limitaciones que impone el manufacturado mediante la cortadora laser). El reto propuesto se desarrolla durante el curso y se concluye con la rotura de las maquetas y el posterior análisis de las causas del colapso, en un acto en el que se juntan alumnos de las distintas escuelas participantes. La actividad se completa con una conferencia impartida

por una ingeniería de primer nivel que expone casos reales de construcción de este tipo de estructuras.



Figuras 1. Proceso de diseño y montaje de los prototipos a ensayar.

La fabricación de Kits mediante impresora 3 D permiten la construcción de nudos estructurales tipo en el aula. La decisión sobre las piezas a diseñar y posteriormente imprimir, se fundamenta en la idea de conseguir el mayor número de soluciones constructivas reales de cruce de barras en pórticos a partir del menor número de piezas. De tal forma que el modelado de un perfil de viga y otro de pilar, con ayuda de distintas piezas auxiliares, permitan diferentes encuentros entre ellos. Tanto para el modelado virtual de las piezas como de encuentros entre ellas se ha utilizado el sistema CAD (Figura 2).



Figuras 2. Modelado virtual de las piezas y de los encuentros entre ellas.

Una vez realizados los modelos digitales de las piezas, estudiadas las uniones, visualizadas las posibilidades del juego y colocadas para su impresión, se determinan los parámetros de la impresión (perímetro, relleno, etc.) transformando los ficheros al software utilizado para la impresión (Ultimaker Cura). En el desarrollo de los trabajos se ha utilizado impresoras 3D modelo Abax PRi5. El filamento consumible empleado es de Políácido Láctico (PLA) con un espesor de 1,75 mm de diámetro de la marca “Smart Materials 3D” color plateado. Las capas depositadas en la impresión de los modelos son

de 0,2 mm de alto y el ancho de la boquilla de 0,4 mm. La velocidad fijada durante el proceso es de 40 mm/segundo.

Han sido numerosas las situaciones encontradas durante el proceso de impresión de los kits estructurales que han supuesto un considerable contratiempo debido, fundamentalmente, al tiempo que requiere la impresora 3D para completar cada pieza, ya que, el depósito con hilo de PLA se realiza por capas de 0,2mm de espesor. Este es el motivo que obliga a desechar el conjunto completo si la impresión se interrumpe por algún motivo externo (cortes de luz, interrupción por falta de vigilancia, etc).

Durante las impresiones, los fallos más comunes han sido el desplazamiento de la impresión en un eje que ha acabado con su verticalidad de la pieza, y la interrupción de la salida de hilo por la boquilla que ha dejado la pieza inconclusa. Otro fallo menos común han sido la mala adherencia de las piezas a la base, que ha originado desplazamientos o separaciones de la misma. Para ello, ha sido necesario encontrar el equilibrio entre una superficie final de la pieza limpia y la rugosidad de la base de impresión, siendo necesario el pulverizado de la base con laca o adhesivo previo a la impresión.

3. Conclusiones

Estas actividades son muy bien recibidas por los alumnos fomentando el intercambio alumno profesor y universidad-empresa. El simple hecho de conseguir esta buena actitud ya es un logro en materias que resultan difíciles para ellos.

La posibilidad de implicar a los estudiantes en el proceso de diseño y creación de juegos de uniones facilita el proceso de aprendizaje y acerca al alumno a la solución de conceptos poco tratados en las carreras como conseguir un buen comportamiento estructural minimizando costes y realizando una adecuada coordinación de la producción.

Este proyecto, ha permitido, además, crear un foro de intercambio de experiencias docentes entre profesores de distintas escuelas y universidades.

Referencias

- [1] Wankat, P.C.; Oreovicz, F.S., (1993). "Teaching Engineering. New York", McGraw-Hill.
- [2] Prince, M., (2004) "Does Active Learning Work? A Review of the Research". Journal of Engineering Education, 93(3), 223-231. 2004
- [3] González-Rodrigo, S.; González-Rodrigo, B.; Magdalena Layos, F.; García-López de la Osa, G.; (2018) "Experiential Learning through Scale Structural Models" Proceedings of ICERI2018 Conference, Seville, pp. 1928-1934. doi:10.21125/iceri.2018.1421
- [4] Holmes, N.; Mullen, H.; (2013) "Using Model Building in Structural Engineering to Enhance Understanding of Construction Principles and Methods". Irish Journal of Academic Practice: Vol. 2(1). doi: 10.21427/D7SX45.
- [5] Ji, T.; Bell, A.J.; (2000) "Seeing and Touching Structural Concepts in Class Teaching". Proceedings of the Conference on Civil Engineering Education in the 21st Century, Southampton, UK, 26-28
- [6] Moyano Sanz, S.; Valiente López, M. (2018) "Printed thermoplastic modular piece, P.T.M.P". *Building & Management*, vol. 2(1), pp. 12 – 16.