

31. Eduardo Torroja y la influencia de las matemáticas en el proyecto de Arquitectura

Manuel de Miguel¹ y Alberto Lastra²

Universidad de Alcalá

¹manuel.miguel@uah.es, ²alberto.lastra@uah.es

Resumen

Esta comunicación se centra en la experiencia realizada a lo largo del presente curso en la asignatura Taller de dibujo II, en torno al aprendizaje de la geometría diferencial a través de la obra de Eduardo Torroja. Las distintas técnicas utilizadas por este autor, la presencia de la geometría en sus obras, permiten desarrollar ejemplos que ilustran la teoría, fomentando el interés del alumno, que ve de primera mano la aplicación de las competencias a adquirir en la asignatura en su futuro profesional.

Palabras clave

Geometría, matemáticas, experiencia de aula, arquitectura, Eduardo Torroja.

Introducción

El objetivo de esta comunicación es presentar la propuesta llevada a cabo durante el curso 2017-2018 en la asignatura Taller de dibujo II del Grado en Fundamentos de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Alcalá. Esta resulta ser una asignatura troncal que se cursa el primer semestre del segundo curso. Su docencia corresponde a los departamentos de Arquitectura y Física y Matemáticas, y pretende ser una fuente de desarrollo de propuestas comunes en Arquitectura y Matemáticas. La asignatura se ha llevado a cabo desde el curso 2011-2012, en que se instauró en el Grado en Arquitectura y a lo largo de los cursos ha permitido realizar distintas experiencias que han enriquecido la docencia: experiencias de innovación docente en torno a la inclusión de recursos informáticos comunes, la creación de un curso OCW, etc. (Lastra Sedano et al., 2016).

En el curso 2017-2018 se planteó la posibilidad de diseñar y llevar a cabo un monográfico sobre las obras de Eduardo Torroja que acercaran al alumno las Matemáticas a su futuro profesional. Para clarificar la riqueza de la experiencia

llevada a cabo se presenta en esta comunicación una visión general de la misma, y se da algún detalle en mayor profundidad sobre una actividad, para su ilustración al lector. El marco metodológico se ha centrado en una clase de taller, basado en el aprendizaje dirigido del alumno, en las nuevas tecnologías y en el desarrollo de competencias en geometría. Esta línea de trabajo viene siendo ensayada con éxito en cursos anteriores (Castaño Perea et al., 2014), donde se exponen resultados de esta metodología en su fase inicial que posteriormente ha sido adaptada y mejorada.

La experiencia se enmarca en el Proyecto de Innovación Docente UAH/EV898 de la Universidad de Alcalá.

Justificación del proyecto y objetivos

Las bases teóricas de las obras del ingeniero de caminos D. Eduardo Torroja Miret (1899-1961) son un rico patrimonio del que los estudiantes de Arquitectura de nuestra universidad pueden aprender importantes lecciones. Menos conocidas de lo que sería deseable, las láminas de hormigón permitieron a D. Eduardo Torroja crear obras extraordinariamente audaces y de gran pureza formal, algunas de las cuales se encuentran en Madrid.

Este autor es ya de gran importancia a la hora de ilustrar conceptos matemáticos y también su desarrollo en obras arquitectónicas de la asignatura Taller de dibujo II. Desde el comienzo de la implementación de esta asignatura, los profesores han procurado que los ejemplos que ilustren las teorías, las prácticas de esta, las pruebas escritas, las entregas, etc. vayan dirigidos a la motivación del alumnado, cuyo interés profesional se centra en las obras de arquitectura.

Los objetivos a alcanzar mediante esta experiencia fueron:

- Estudiar la obra de Torroja desde el punto de vista del conocimiento matemático y de la geometría.
- Facilitar que los alumnos entren en contacto directo con las obras estudiadas.
- Motivar a los estudiantes a través de casos cercanos que ejemplifican la integración de las disciplinas y los fundamentos teóricos sólidos para sus intereses profesionales.

Experiencias y acciones desarrolladas

En este apartado se describen distintas acciones llevadas a cabo en la asignatura. Por un lado, se realizó una adaptación del material de la asignatura a la obra de Torroja. Los ejemplos mostrados en clases prácticas de Matemáticas se centraron en obras suyas, así como las clases prácticas de laboratorio (Lastra Sedano, 2015). Concretamente, estas se centraron en el desarrollo y análisis tanto desde el punto de vista matemático como desde el dibujo de:

- El Mercado de Algeciras. Su estudio canaliza las parametrizaciones de esfera y da pie al estudio de otras cuádricas. También el estudio de intersección de superficies como cilindro y esfera.

- La Costilla Laminar del Instituto de Ciencias de la Construcción, que representa una lemniscata y fomenta el estudio de curvas planas como esta u otras, tanto desde el punto de vista de una curva implícita, como desde una parametrización adecuada.

- El hangar de Cuatro Vientos, para el estudio de superficies cilíndricas generadas a partir de una directriz determinada por una curva y la proyección sobre dicha superficie de otras curvas, que en este caso serán las líneas de su estructura.

- La cubierta para el Club Tachira, que resulta una obra que facilita el estudio de aproximaciones de curvas como las dadas por polinomios de Lagrange y superficies generadas por directrices alabeadas.

- La cuba de Fedala, para el estudio de cuádricas regladas, como el hiperboloide de una hoja y las superficies generadas por revolución de curvas planas.

- El Hipódromo de la Zarzuela, que permite usar un buen número de recursos matemáticos y de geometría gráfica aprendidos a lo largo del curso. Este ejercicio, último del curso, incluye una cubierta formada por láminas de hiperboloide de una hoja, conoides, cilindros y superficies de revolución.

Otros materiales como las pruebas escritas también han sido adaptados a tal efecto. De esta forma, los dos controles de la asignatura se han estructurado en torno a dos obras de Torroja: una capilla desaparecida que Torroja construyó en el Valle de San Nicolau, y una capilla lateral de la Iglesia Pont Suert en Lérida. También se han facilitado al alumno vídeos tutoriales elaborados por los profesores, para la realización del análisis geométrico y modelado de las distintas obras. Se han puesto a disposición de los estudiantes a través del aula virtual de la Universidad de Alcalá.

Por otro lado, los responsables del Instituto Torroja facilitaron la posibilidad de organizar una visita guiada para los alumnos de la asignatura a dicho instituto. Esta visita se realizó en el mes de noviembre de 2017, justo después de haber estudiado las obras del ingeniero, de manera que los alumnos pudieran experimentar en persona el contacto con los ejemplos trabajados en el aula. La actividad se produjo en el marco de la Semana de la Ciencia y la Tecnología 2017, celebrada en el Instituto Torroja. La jornada comenzó con una charla sobre la obra de D. Eduardo, haciendo hincapié en la importancia de las matemáticas y la geometría en su pensamiento y diseños. A continuación, se conocieron las edificaciones del complejo, atendiendo a las explicaciones sobre diseño, construcción y tecnología, para visitar, por último, la obra denominada “Costilla Laminar”, que había sido analizada previamente en clase. Hay que destacar que los alumnos valoraron muy positivamente conocer en persona objetos arquitectónicos que habíamos estudiado en el curso.

Un ejemplo de acción: el Mercado de Algeciras, Eduardo Torroja (1935)

El mercado de abastos de Algeciras está cubierto por una cúpula de hormigón armado de 48 metros de luz, construido con una lámina de 9 centímetros de grosor medio. La superficie que forma la lámina es una esfera, cuyo radio es de 44,10 metros, que se interseca con cilindros de eje horizontal, formando unos lunetos laterales que en planta se proyectan formando un polígono perimetral de 16 lados (Chías Navarro y Abad Balboa, 2005).

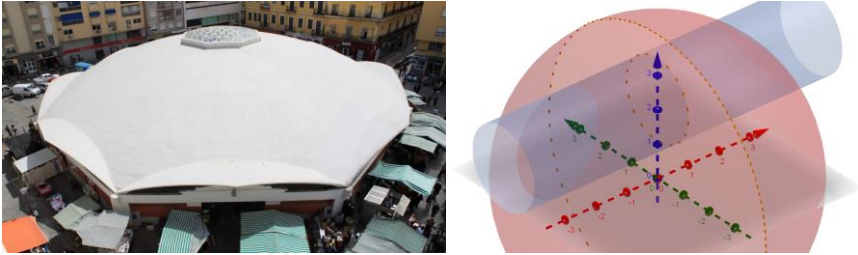


Figura 1. Mercado de abastos de Algeciras. Izquierda, imagen disponible en Wikipedia. Derecha, parte de la construcción a escala del Mercado de Algeciras mediante Geogebra

Como ejemplo, en el proceso de modelado se hace notar al alumno, entre otros elementos, las curvas que aparecen al intersecar un cilindro con una esfera. En la figura 1 (derecha) se muestra parte de la construcción realizada con Geogebra, en la figura 2 el proceso de construcción a través de un programa de CAD.

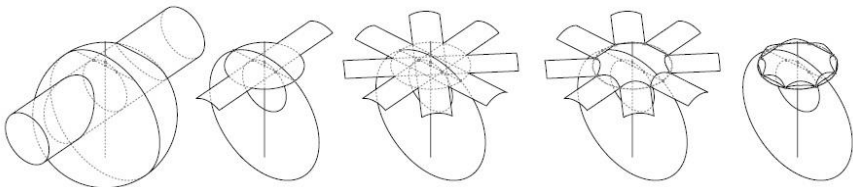


Figura 2. Proceso de análisis gráfico del Mercado de Algeciras (programa de CAD)

Resultados y discusión

Para medir el nivel alcanzado en el aprendizaje de los alumnos se han diseñado rúbricas aplicadas a los controles realizados a lo largo del curso. En estas se valoran tres aspectos: A. La identificación de curvas y superficies (30 % del valor de ejercicio) B. El análisis de los procesos de generación-construcción (40 %) C. Síntesis del modelo geométrico, elementos y su posición en el espacio (30 %).

En cada uno de estos apartados se establecen tres niveles de valoración: I. El alumno es capaz de comprender, de manera crítica, la génesis del proyecto geométrico-arquitectónico y establecer niveles de prioridad formal y generación de

las formas. Además, maneja con soltura los conceptos matemáticos y las referencias espaciales. II. El alumno reconoce formas geométricas, aunque no llega a conectarlas apropiadamente con la idea geométrica principal. La aplicación de sus conocimientos matemáticos es correcta. III. El alumno no es capaz de proyectar sus conocimientos de geometría sobre el modelo analizado, los conceptos matemáticos están poco asentados y no domina suficientemente las referencias espaciales.

En cursos precedentes los ejemplos no pertenecían a un solo autor, ni fueron visitados en persona (de Miguel Sánchez et al., 2013). En los ejercicios realizados se pone de manifiesto que estas dos circunstancias han motivado al alumno, le han ayudado a entender los conceptos matemáticos aplicados y a identificar tipos y procesos de modelos geométrico-arquitectónicos con mayor seguridad y precisión. Esto se ha reflejado en los resultados obtenidos en los controles de evaluación, así como en el transcurso de las prácticas de laboratorio.

Conclusiones

El contacto directo con las obras estudiadas, así como el conocimiento de la figura del autor, de su biografía, formación y desarrollo científico, ayudan a fijar los conocimientos matemáticos y los principios geométricos aplicados a los procesos de generación del diseño arquitectónico.

A la vista de los resultados obtenidos por los alumnos, y en comparación con los cursos pasados, la experiencia del presente curso muestra que el alumno se siente más motivado, viendo que la teoría matemática es un fundamento básico para su quehacer como estudiante y su futuro profesional.

Referencias

Castaño Perea, E., de Miguel Sánchez, M. y Lastra Sedano, A. (2014). Specific and generic skills in architectural geometry teaching: Review and new developments. *International Journal of Scientific Research*, 3 (11), 314.

Chías Navarro, P. y Abad Balboa, T. (2005). *Eduardo Torroja obras y proyectos*. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

de Miguel Sánchez, M., Lastra Sedano, A. y Castaño Perea, E. (2013). *La Geometría, Matemáticas y Dibujo: Experiencias del Taller de Dibujo 2 en Arquitectura*. Alcalá de Henares: Servicio de Publicaciones. Universidad de Alcalá.

Lastra Sedano, A. (2015). *Geometría de curvas y superficies con aplicaciones en arquitectura*. Madrid: Paraninfo.

Lastra Sedano, A. et al. (2016). *El dibujo y las matemáticas. Una docencia integrada*. Fundación General de La Universidad de Alcalá.

