



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

Escuela Politécnica Superior de Zamora

**Memoria del Proyecto de Innovación Docente ID
2017/205**

*Implementación de sistemas CAE en el diseño de mecanismos, dentro del
campo de la biomecánica*

PARTICIPANTES:

Roberto José García Martín

Leticia Aguado Ferreira

Zamora, 23 de junio de 2018

1. INTRODUCCIÓN

El Área de Ingeniería Mecánica adscrita a la Escuela Politécnica Superior de Zamora tiene una amplia experiencia docente en asignaturas directamente vinculadas con el diseño de máquinas y mecanismos, en proyectos de innovación, en colaboración con empresas y en realización de prototipos y pruebas concepto. De esta experiencia acumulada, sobre todo en lo relacionado con la docencia, se detectaron una serie de inquietudes y dificultades en el aprendizaje de los estudiantes de estas materias, que se han intentado solventar mediante una serie de actividades docentes. Una de ellas es la aplicación de los conocimientos adquiridos en los diferentes campos de la tecnología, innovación e investigación existentes. Para ello se ha desarrollado diferentes actividades docentes. Estas actividades han sido dirigidas a los alumnos del Grado de Ingeniería Mecánica mediante dos vías.

1. Realización de Trabajos Fin de Grado (TFG) enfocados dentro de la rama de la biomecánica que parten de la utilización de sistemas CAE.
2. Aplicación de los sistemas CAD/CAE para el diseño de componentes mecánicos orientada en un caso real dentro del campo de la bioingeniería.

2. REALIZACIÓN DE TRABAJOS FIN DE GRADO

Dentro de este punto se ha llevado a cabo por parte de un alumno, y tutorizado por un profesor del área, el trabajo fin de grado titulado “*Biomecánica: prótesis de animales*”. Dicho proyecto está dentro del programa TCUE (Programa Transferencia de Conocimiento Universidad Empresa). Los cálculos llevados a cabo en este proyecto se realizaron con la herramienta CAD/CAE AUTODESK Inventor ® y se desarrolló el TFG con éxito, tanto académicamente como en la convocatoria de TCUE. Este proyecto fue defendido en la convocatoria de febrero de 2018 y obtuvo uno de los galardones con lo que el programa TCUE reconoce el trabajo realizado. El objetivo de este proyecto ha sido el cálculo, diseño y fabricación de un prototipo de prótesis animal para sustituir extremidades de una gata con una amputación transtibial.

Por otro lado, otra de nuestras alumnas perteneciente al Grado de Ingeniería Mecánica está realizando su TFG dentro del campo de la biomécanica, el cual se basa también en la aplicación de esta herramienta CAD/CAE. Este TFG “*Diseño de un exoesqueleto destinado a la movilidad del tren inferior*” se fundamenta en un estudio de la movilidad del tren inferior ayudada o llevada a cabo en su totalidad por una estructura metálica destinada a tal efecto. Este TFG llevará a cabo el cálculo, diseño de este exoesqueleto.

3. REALIZACIÓN DE PRÁCTICA DE BIOMECÁNICA UTILIZANDO UNA HERRAMIENTA CAD/CAE

Estudiantes a los que va dirigido: Alumnos de las asignaturas del Grado de Ingeniería Mecánica; Teoría de Mecanismos (TM) obligatoria de 2º curso, Diseño y Cálculo de Máquinas (DCM) obligatoria de 3º curso y Ampliación de Máquinas y Mecanismos (AMM) obligatoria de 4º curso.

Número de estudiantes: TM-35, DCM 31 y AMM- 33 estudiantes.

Conocimientos previos: conocimientos adquiridos en las asignaturas del Grado de Ingeniería Mecánica y destrezas en el diseño mediante la herramienta CAD/CAE adquiridas en la asignatura de Teoría de Mecanismos (TM)

Objeto de la práctica: Diseño de prótesis para la extremidad de un gato

En la programación de las asignaturas TM, DCM y AMM se han realizado una serie de prácticas donde se ha introducido a los alumnos en el manejo de sistemas CAE mediante el diseño de componentes y mecanismos mecánicos aplicados a múltiples campos y entre ellos la biomécanica. Además, dentro de la asignatura de DCM de tercer curso del Grado de Ingeniería Mecánica se ha desarrollado una práctica final en la cual se ha implementado la herramienta CAD/CAE ofrecida por el software AUTODESK Inventor® para el diseño mecánico orientado a un caso real dentro del campo de la bioingeniería. De esta manera se muestra las aplicaciones reales de esta herramienta en la ingeniería y más aún la implicación de la ingeniería mecánica en sus distintas áreas, tanto las que tradicionalmente se les asocia como las más actuales.

Los objetivos parciales que se plantearon son los siguientes:

- Aplicar los conocimientos teórico-prácticos adquiridos en las asignaturas de diseño de máquinas y teoría de mecanismos a un problema actual en ingeniería mecánica: el diseño de componentes biomecánicos.
- Acercar a los estudiantes al uso de herramientas actuales de diseño en ingeniería mecánica CAD/CAE a través de un problema concreto en ingeniería en el ámbito de la bioingeniería.
- Conocimiento por parte del alumno de los diferentes sistemas de mecanismos empleados en el campo de la biomecánica.
- Aplicar el diseño y síntesis de mecanismos mediante herramientas CAE a mecanismos propios de los sistemas mecánicos empleados en el campo de la biomecánica
- Creación de prototipos de los diseños realizados mediante el mecanizado de las piezas que componen dichos sistemas haciendo uso del equipamiento existente en el laboratorio de Ingeniería Mecánica.

Para llevar a cabo estos objetivos se planteó a los alumnos (un total de 31) una práctica de diseño de una prótesis para una gata la cual tiene amputada una extremidad. Aprovechando los datos del caso real desarrollado en el TFG de un alumno del Grado de Ingeniería Mecánica [1], se mostró a los alumnos como implementar los conocimientos adquiridos, tanto en las asignaturas de DCM y TM como en el resto de las asignaturas que han cursado dentro de la titulación, en el campo de la biomecánica. En ella los alumnos se dieron cuenta de la importancia de estos conocimientos en el diseño de los componentes biomecánicos, viendo su importancia a la hora del diseño y fabricación de estas prótesis.

El desarrollo de la práctica, muestra también la evolución existente en los componentes biomecánicos y cómo la ingeniería tiene su papel importante en esta evolución. Como se ha comentado anteriormente, la práctica se centró en una determinada prótesis y en un determinado caso de estudio. Se detalló los cálculos y trabajos necesarios para comenzar el diseño del componente biomecánico partiendo de los datos de estudio de un/ o este caso real.

Para que los estudiantes pudieran desarrollar esta práctica, no solo han tenido que implementar los conocimientos teóricos previos, sino que también han tenido que adquirir nuevas destrezas en el manejo de la herramienta CAD/CAE. Para que los alumnos puedan alcanzar las habilidades en el uso de este software, se han realizado a lo largo del curso en las asignaturas impartidas por el área (AMM, DCM Y TM) diversas actividades. En estas actividades, impartidas en forma de prácticas, se ha partido de estudios de mecanismos sencillos, como puede ser un mecanismo de cuatro barras y del diseño de elementos mecánicos (ejes, engranajes, ...) de tal forma que los estudiantes conocen el funcionamiento del software AUTODESK Inventor® y son capaces de diseñar mecanismos y aún más aplicarles movimiento y realizar estudios dinámicos y de elementos finitos.

A la hora de proponer la práctica, se muestra a los alumnos, y se percatan, cómo extrapolar los conocimientos adquiridos al campo de la biomecánica. Se inicia el estudio de la biomecánica de esta extremidad en el movimiento de un felino de esta manera se verán los diferentes mecanismos involucrados partiendo de los datos reales [1]. A partir de los datos de la gata (peso, longitud de extremidades, ...) se dimensiona con un estudio previo a resistencia determinando la sección resistente (Fig. 1).

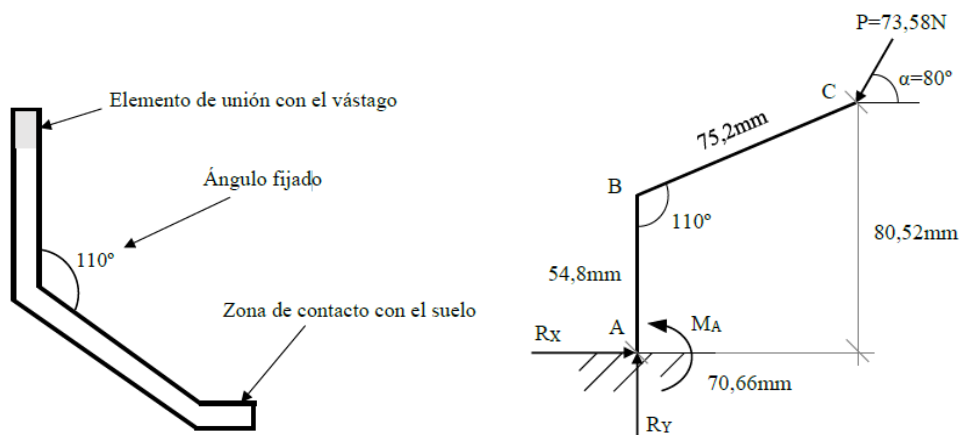


Fig. 1. Esquema de la prótesis y dimensiones y carga a soportar para su diseño a resistencia.

Una vez dimensionado el problema se pasa a su diseño dentro del software AUTODESK Inventor®, para lo cual se toma como esquema el mostrado en la Fig. 1, donde están los parámetros geométricos obtenidos del estudio ergonómico de la gata, y de los cálculos de dimensionado (Fig. 2).

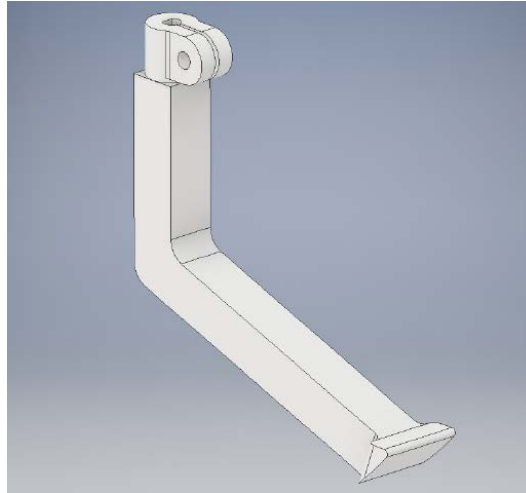


Fig. 2. Diseño de prótesis inicial (Rev.00) realizado en AUTODESK Inventor®

Para estudiar su comportamiento a la hora de aplicar las cargas que soportará en su vida en servicio se realiza un estudio mediante el método de elementos finitos en el módulo CAE del software (Fig. 3(a)). Mediante este análisis los estudiantes se dan cuenta de cómo a través de estos análisis se puede optimizar estas prótesis (Fig. 3(b)) y estudiar así su viabilidad (Fig. 3(c)).

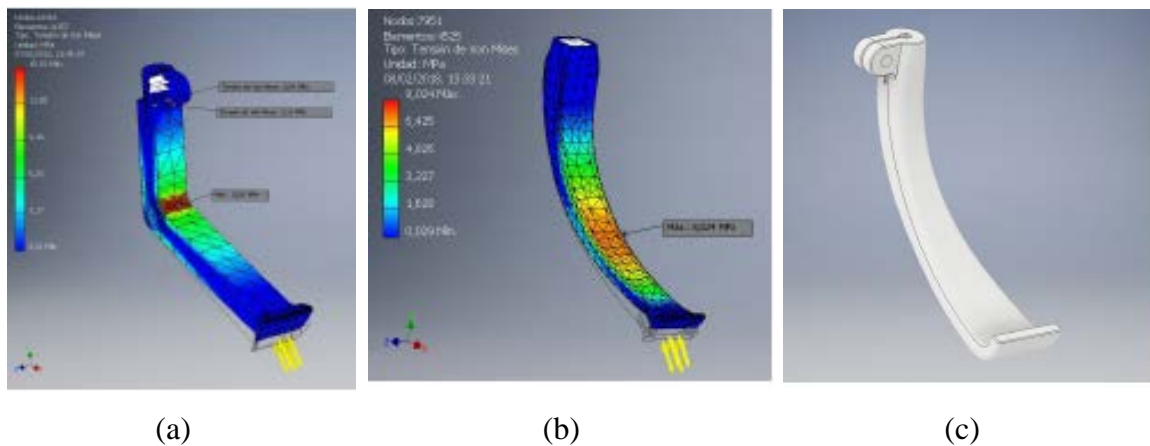


Fig. 3. (a) Resultados de la primera modelización por elementos finitos (Rev.00), (b) resultados tras las mejoras realizadas (Rev.01) y (c) vista de la pieza definitiva antes de su impresión (Rev.02).

Este software cuenta también con un módulo CAM por lo que se muestra las posibilidades de generación de prototipos a partir de los estudios realizados mediante un equipo de técnicas aditivas. Con esto se pretende que los estudiantes se enfrenten a un problema de diseño real en el campo de la biomecánica mostrándoles otras salidas dentro de la ingeniería mecánica diferentes a las que tradicionalmente se les asocia. Mediante el software empleado permitirá a los estudiantes conocer las herramientas aplicadas en la ingeniería pudiéndolas aplicar a un caso real.

4. EVALUACIÓN Y RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

La evaluación se ha realizado de dos maneras, en el caso de los TFG mediante sus resultados académicos y, en el caso de la práctica realizada a los alumnos de ingeniería, se evaluó mediante la realización de una encuesta. La práctica, tal como se ha comentado anteriormente, se realizó a los alumnos de la asignatura de Diseño y Cálculo de Máquinas. Asistieron a la práctica un total de 31 alumnos, a los cuales, tras finalizar la práctica, se les entregó una encuesta.

En la Fig. 4 se muestra los resultados que se han extraído de las respuestas dadas, valores dados en porcentaje donde se observa la utilidad que ven los estudiantes del software CAD/CAE/CAM dentro de la ingeniería mecánica. También refleja la utilidad de este software en el campo de la biomecánica y pone de manifiesto la importancia de los conocimientos adquiridos en la titulación en el campo de la bioingeniería.

Por otro lado, la realización de esta encuesta ha servido también para ver qué áreas dentro de la titulación son de interés para los alumnos (Fig. 5), donde se puede ver que las áreas de mayor interés dentro del Grado de Ingeniería Mecánica es la de automoción, diseño mecánico y desarrollo de nuevos materiales.

CUESTIONARIO		0	1	2	3	4	5
1	Desde el punto de vista de la Ingeniería Mecánica: Qué grado de utilidad consideras que tienen los sistemas CAD/CAM/CAE	0	0	0	9,7	25,8	64,5
2	Qué grado de utilidad consideras que ofrece el software AUTODESK Inventor ® dentro de la Ingeniería Mecánica	0	0	3,2	25,8	35,5	32,3
3	Qué grado de utilidad consideras que ofrece el software AUTODESK Inventor ® para la visualización de los mecanismos analizados en las clases magistrales	0	0	3,2	29,0	45,2	22,6
4	En el campo de la biomecánica: Qué peso consideras que tiene los conocimientos de la Ingeniería Mecánica	0	0	3,2	29,0	51,6	16,1
5	Qué grado de aplicación crees que tiene los conocimientos adquiridos en las asignaturas, en el campo de la biomecánica	0	0	9,7	48,4	38,7	0,0
6	Para integrar los conocimientos de la Ingeniería Mecánica dentro de la biomecánica, consideras que el software empleado es adecuado	0	0	6,5	38,7	41,9	12,9
7	¿La aplicación de estas herramientas mejora el aprendizaje de los conocimientos impartidos?	3,2	0	3,2	19,4	41,9	32,3
8	¿El conocimiento y manejo de esta herramienta es aplicable en la futura vida laboral?	0	3,2	3,2	19,4	38,7	35,5
9	Dentro de los múltiples campos de la Ingeniería Mecánica, en cuál de ellos estás más interesado						
10	Dentro de este campo qué grado de aplicabilidad tienen los sistemas CAD/CAE/CAM	0	0	0	9,7	45,2	45,2

Fig. 4. Encuesta entregada a los alumnos tras la realización de la práctica con sus resultados mostrados en porcentaje

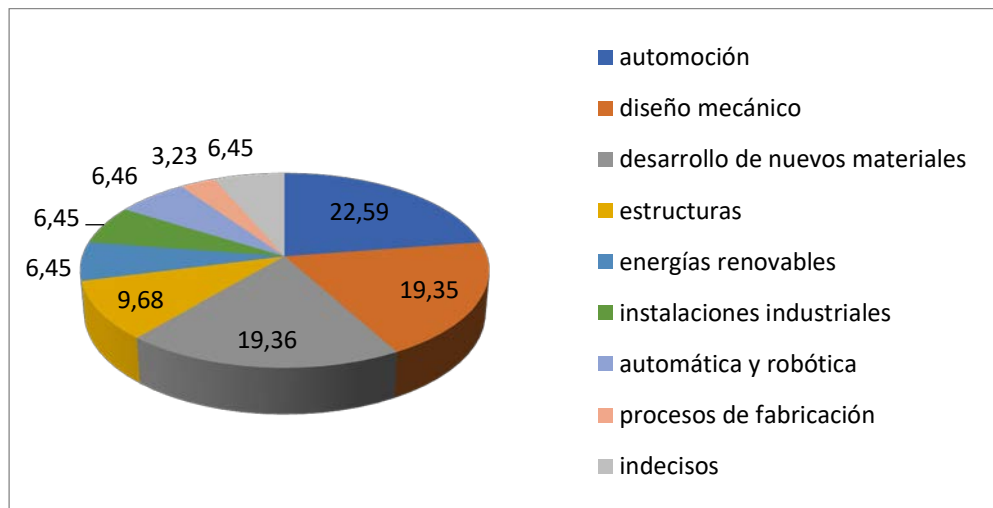


Fig. 5. Gráfico de resultados del interés de los alumnos por las áreas de conocimiento del grado de Ingeniería Mecánica de interés para los alumnos.

4 CONCLUSIONES

Mediante la realización de este proyecto, los estudiantes han tenido la oportunidad de adentrarse en una nueva área que, como se ha podido ver en la Fig. 5 no era muy familiar. Mediante la aplicación de un sistema CAE en el diseño de un mecanismo en el campo de la biomecánica, los estudiantes han podido implementar los conocimientos adquiridos en el desarrollo de un problema real y han podido darse cuenta de las habilidades adquiridas en el curso de las prácticas de las asignaturas de Teoría de Mecanismos y de Diseño y Cálculo de Máquinas, así como del resto de asignaturas del Grado de Ingeniería Mecánica. También se han implementado estos sistemas CAE en el campo de la biomecánica en Trabajos Fin de Grado desarrollados dentro del área de Ingeniería Mecánica.

La introducción de estas técnicas ha permitido que los estudiantes conozcan y sepan manejar las herramientas de diseño CAD/CAE y de construcción de prototipos (CAM).

Al realizar este proyecto en un campo de gran interés como es la bioingeniería, hace que los estudiantes se puedan especializar en un área altamente demandada por la sociedad. Esto conlleva a que nuestro grado se haga más competitivo y sea un punto diferenciador frente al resto de escuelas de ingeniería.

Este proyecto fue dotado con 138€ que han sido destinados para la adquisición de material fungible para la impresora 3D.

5 REFERENCIAS

- [1] Clemente, M.; *Biomecánica: prótesis de animales*, Trabajo Fin de Grado, Grado Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Superior de Zamora, Zamora, 2017.