



## **Grado en Ingeniería Mecánica 29751 - Fabricación integrada**

**Guía docente para el curso 2013 - 2014**

**Curso: 4, Semestre: 2, Créditos: 6.0**

---

### **Información básica**

---

#### **Profesores**

- **Jorge Santolaria Mazo** [jsmazo@unizar.es](mailto:jsmazo@unizar.es)
- **Emilio Julián Royo Vázquez** [eroyo@unizar.es](mailto:eroyo@unizar.es)

#### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

Es recomendable haber cursado las asignaturas troncales de Dibujo Industrial y Tecnologías de Fabricación I y II.

Es recomendable disponer de equipo informático, preferiblemente portátil con Windows 7, para poder instalar la última versión de Solid Edge.

#### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

Las fechas de los controles y entrega de informes prácticos se establecerán al inicio del curso y se realizarán tras finalizar el temario y las sesiones prácticas correspondientes.

El plazo máximo de entrega del trabajo de curso será de 5 días antes de las pruebas globales fijadas por el centro

---

### **Inicio**

---

#### **Resultados de aprendizaje que definen la asignatura**

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:**
  - 1.- Conoce y aplica adecuadamente las distintas tecnologías de Fabricación Integrada por Ordenador (CIM) para la planificación de procesos de fabricación dentro del marco de la Ingeniería Concurrente.
  - 2.-Asimila los criterios tecnológicos y económicos para la selección y aplicación de tecnologías CIM y PLM (gestión del ciclo de vida de producto) que integren el diseño y la fabricación mecánica.
  - 3.-Adquiere habilidades prácticas en el diseño y cálculo de componentes y utillajes mediante el uso de aplicaciones informáticas características de la ingeniería de fabricación mecánica CAD/CAE; profundizando especialmente en el diseño de moldes y matrices.

4.- Adquiere habilidades prácticas para programar y controlar sistemas de fabricación mecánica mediante CNC y CAD/CAM.

5.- Conoce y aplica adecuadamente herramientas de modelado y simulación de procesos de fabricación mecánica.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

El objetivo de la asignatura es el aprendizaje de tecnologías CAD/CAM/CAE que permitan la integración del diseño y la fabricación en el marco de la Ingeniería Concurrente aplicada a la producción de componentes mecánicos.

La asignatura se centra en la planificación de procesos de fabricación a partir del diseño de producto. Esto es, a partir de las especificaciones de material, geometría (CAD) y volumen de producción, se profundiza en la preparación de los medios de fabricación: la secuenciación de las operaciones, la selección del sistema productivo, el diseño de los utillajes y la programación de los parámetros de máquina.

Para los procesos de fundición y deformación se precisa usar aplicaciones de CAD mecánico para diseñar los utillajes (moldes y matrices), utilizando técnicas CAD 3D de modelado sólido y de superficies. También es recomendable, sobre todo para componentes complejos, la validación del proceso de conformación mecánica mediante tecnologías CAE especializadas. En los procesos de mecanizado se precisa definir las trayectorias y parámetros de mecanizado mediante CNC y sistemas CAM 2D y 3D.

Asimismo, las tecnologías de prototipado rápido y “rapidtooling” pueden favorecer la integración de diseño y fabricación y la reducción del tiempo de lanzamiento de nuevos productos al mercado, por lo que también se abordan en la asignatura. En algunos casos pueden sustituir la producción de pequeñas y medias series, denominándose en ese caso “rapidmanufacturing”, cada vez más importante en la cadena de suministro.

La planificación de los procesos de fabricación puede suponer el rediseño de producto, generándose órdenes de cambio de ingeniería (ECO), que deben gestionarse adecuadamente. En este sentido, las tecnologías PLM permiten establecer la gestión de las versiones de diseño, los sistemas de seguridad pertinentes y los flujos de información adecuados para la validación del diseño y fabricación del producto en un entorno integrado (Ingeniería Concurrente).

---

## Contexto y competencias

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

#### La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

El objetivo de la asignatura es asimilar las tecnologías especializadas CAD/CAM/CAE y de prototipado rápido implicadas en la planificación de los procesos de conformación, así como las tecnologías PLM que potencian la integración del diseño y la fabricación en el marco de la Ingeniería Concurrente aplicada a la producción de componentes mecánicos.

La asignatura tiene un enfoque eminente práctico, aplicando tecnologías CAD/CAE a procesos de conformación mecánica (diseño 3D de utillajes con CAD genéricos y específicos, validación con CAE especializados) y CAM 3D aplicado a los utillajes diseñados

#### Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Esta asignatura se oferta en el grado de Ingeniería Mecánica y el grado de Ingeniería de Tecnologías Industriales, dentro de los módulos optativos “Ingeniería de Fabricación” (grado de Ingeniería Mecánica) y “Producción Integrada” (grado Ingeniería de Tecnologías Industriales). En ambos módulos aporta una visión integradora del diseño y la fabricación, así como una mayor profundización en los conocimientos sobre la planificación de distintos procesos de conformación mecánica (fundición, deformación, mecanizado).

## Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

### 1:

Las competencias que adquiere el estudiante se circunscriben especialmente a la competencia específica de la titulación de Ingeniería Mecánica “**Capacidad para aplicar las técnicas de ingeniería gráfica, incluyendo manejo de programas de CAD / CAM / CAE**”, aplicados en este caso a la planificación de procesos de conformación mecánica y su integración con el diseño de producto.

**Competencias genéricas** desarrolladas en el campo de la integración de diseño y fabricación de componentes mecánicos:

- Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico (C4).
- Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma (C6).
- Capacidad de gestión de la información, manejo y aplicación de las especificaciones técnicas y la legislación necesarias para la práctica de la Ingeniería (C9).
- Capacidad para aplicar las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Ingeniería (C11).

**Competencias específicas** que se adquieren en el campo de la Ingeniería de fabricación y La Producción integrada:

- Capacidad para definir, implantar y gestionar sistemas y procesos de fabricación para la conformación de conjuntos mecánicos según especificaciones de diseño (C40).
- Conocimiento aplicado de sistemas y procesos de fabricación, metrología y control de calidad (C39).
- Conocimientos y capacidad para aplicar los fundamentos de la elasticidad y resistencia de materiales al comportamiento de sólidos reales (específicamente sistemas productivos)(C37).

## Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

El ingeniero industrial y mecánico debe tener experiencia en el diseño y desarrollo de componentes mecánicos, contemplando los criterios de fabricación en el diseño definitivo del producto.

En esta asignatura el alumno aprende conceptos y herramientas profesionales para la integración del diseño y fabricación de componentes mecánicos y de sus utillajes herramientales, mediante tecnologías CAD/CAM/CAE especializadas, de prototipado y PLM.

Esta integración en un entorno de Ingeniería Concurrente es fundamental para reducir costes y tiempo de lanzamiento de nuevos productos al mercado, permitiendo una mayor dedicación a la innovación y personalización de los mismos

---

## Evaluación

### Actividades de evaluación

#### El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

### 1:

Es altamente recomendable el seguimiento de la asignatura y realizar las actividades de evaluación gradual:

1) Evaluación de las habilidades relativas a las sesiones prácticas (20%): Se realizará mediante observación directa de los resultados logrados durante las sesiones prácticas, que en algunos casos deberá completarse con trabajo personal y formalizarse en un informe.

2) Evaluación de los conocimientos teórico-prácticos relativos a los contenidos y casos técnicos de la asignatura (20%): Dicha evaluación se realizará de forma continuada con controles durante el curso.

3) Evaluación de la aplicación práctica de los conocimientos a través de un anteproyecto que aplique las

tecnologías CIM al diseño y desarrollo integrado de componentes mecánicos (no muy complejos) conformados por fundición o deformación y sus medios de producción (CAM aplicado a los utillajes diseñados con CAD 3D).(60%)

El alumno tiene derecho a una evaluación global mediante unas pruebas teórico-prácticas y de destreza en el manejo de las aplicaciones informáticas utilizadas para el desarrollo de las prácticas y el trabajo de curso. En caso de no superar alguna de las actividades de evaluación gradual (se exige una nota mínima de 4.0 en cada una), se deberán realizar las pruebas de la evaluación global, que se realizarán en el periodo que disponga el centro.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

#### El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

La metodología que se propone trata de fomentar el trabajo continuado del estudiante y se centra en aspectos metodológicos y habilidades prácticas con aplicaciones comerciales de CAD/CAM/CAE: Solid Edge, NX, Autoform...

En las sesiones con todo el grupo se tratan los aspectos teóricos y metodológicos en forma de clase magistral y se completan con el estudio de casos técnicos reales que presentan cómo planificar cada proceso de conformación a partir del diseño del componente mecánico. La planificación se centra especialmente en la definición del utillaje y los parámetros del proceso, repasando muy brevemente los fundamentos y sistemas de los procesos de conformación (vistos en Tecnologías de Fabricación)

El trabajo práctico con las aplicaciones informáticas se desarrolla en grupos más reducidos y se centrará en metodologías de trabajo que faciliten la realización del anteproyecto de la asignatura.

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

#### El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

##### 1: *Temario teórico-práctico*

###### 1) Ingeniería Concurrente y PLM

1. Planificación de procesos en entornos de Ingeniería Concurrente:
2. Gestión de datos de producto (PDM).
3. Sistemas CAD/CAM/CAE.Estándares de intercambio de datos.

###### 2) Diseño mecánico en la planificación de procesos.

1. Sistemas de modelado geométrico
2. Reglas generales de diseño en piezas volumétricas
3. Reglas generales de diseño en piezas de chapa y tubo

###### 3) Planificación de procesos de fabricación

1. Planificación de procesos de conformación mecánica
2. Utillajes de moldeo, deformación maciza, conformación de chapa y tubo

###### 4) Análisis de la viabilidad de la fabricación mediante técnicas de simulación CAE.

1. Tipología de elementos finitos según proceso y etapa de planificación
2. Validación del proceso de fabricación

###### 5) Planificación de procesos de mecanizado

1. Sistemas CNC y mecanizado de alto rendimiento.
2. Estrategias de mecanizado en los sistemas CAM.

6) Fabricación y prototipado rápido.

1. Fases del prototipado e integración en el ciclo de desarrollo de producto
2. Tecnologías de fabricación y prototipado rápidos.

### **Prácticas de laboratorio**

- 1) Diseño mecánico de componentes mecánicos: piezas volumétricas, chapa y tubo.
- 2) Diseño mecánico de utillajes de moldeo y conformación volumétrica.
- 3) Diseño mecánico de matrices convencionales y progresivas.
- 4) CAE especializado para análisis de viabilidad de procesos de conformación complejos.
- 5) CAM3D aplicado a procesos de mecanizado de utillajes y componentes mecánicos.
- 6) Impresora 3D de resina fotopolimerizable. Obtención y análisis de archivos. Impresión, limpieza y acabado de prototipos.

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

6 créditos ECTS: 150 horas / estudiante repartidas como sigue:

- 25 h. de clase magistral (teórica)
- 15 h. de casos técnicos y resolución de problemas
- 20 h. de sesiones prácticas en grupos reducidos
- 15 h. de estudio teórico
- 65 h. de trabajo práctico
- 10 h. de controles teóricos e informes prácticos

## **Bibliografía**

### **Bibliografía**

- 1) Apuntes de asignatura
- 2) Groover, M.P.: "Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing" (2º ed.) Prentice-Hall, 2000.
- 3) [Stephen Porter](#): The PLM Primer: A Guide to Successfully Selecting and Deploying Product Lifecycle Management Solutions. Zero Wait-State. 2013
- 4) [Kevin Roebuck](#): Product Lifecycle Management (Plm). EmereoPty Ltd. 2011
- 5) [Wanlong Wang](#), [Henry W. Stoll](#), [James G. Conley](#): "Rapid Tooling Guidelines For Sand Casting". Springer-Verlag New York, LLC. 2010
- 6) Szumera J.: Metal Stamping Process: Your Product from Concept to Customer. Industrial Press, 2002.
- 7) Singh H.: Fundamentals of Hydroforming. SME, 2003.
- 8) [Zeid Ibrahim](#): Mastering CAD/CAM. McGraw-Hill Companies, Inc. 2004.
- 9) [Stephen Dale Porter](#), [Chris McMahon](#), [Jimmie Browne](#): "CAD/CAM: Principles, Practice, and Manufacturing Management". Prentice Hall. 1999
- 10) [Kunwoo Lee](#): "Principles of CAD/CAM/CAE Systems". Prentice Hall. 1999.
- 11) Kief, H.B.: "Manual CN/CNC". Ed. Gran Duc, 1998.

- 12) Sebastián, M.A.: "Programación de M-H con control numérico". Ed. UNED, 1999.
- 13) [Frank W. Liou](#): "Rapid Prototyping and Engineering Applications: A Toolbox for Prototype Development". CRC Press. 2007
- 14) Neil Hopkinson : "Rapid Manufacturing Technologies". Wiley, John & Sons, Incorporated. 2006
- 15) [Ali K. Kamrani](#), [EmadAbouel Nasr](#): "Rapid Prototyping: Theory and Practice". Springer-Verlag New York, LLC. 2006
- 16) [Peter Hilton](#), [Hilton/Jacobs](#), [Hilton Jacobs](#): "Rapid Tooling: Technologies and Industrial Applications". CRC Press. 2000
- 17) [Ian Gibson](#), [David W. Rosen](#), [BrentStucker](#): "Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing". Springer-Verlag New York, LLC. 2009

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Gibson, Ian. Additive manufacturing technologies : rapid prototyping to direct digital manufacturing / I. Gibson, D. W. Rosen, B. Stucker . New York [etc.] : Springer, cop. 2010
- Groover, Mikell P.. Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing / Mikell P. Groover . 3rd ed. Upper Saddle River (New Jersey) : Prentice-Hall, cop. 2008
- Hilton, Peter. Rapid Tooling: Technologies and Industrial Applications / Peter Hilton, Jacobs Hilton CRC Press. 2000
- Kief, Hans B.. Manual CN/CNC 1998 : CN, CNC, DNC, CAD, SFF, Autómatas, Máquinas-CN, robots CN, LAN, diccionario CN / Hans B. Kief . L'Hospitalet de Llobregat : Gran Duc, D.L.1998
- Lee, Kunwoo. Principles of CAD/CAM/CAE systems / Kunwoo Lee . Reading, Massachusetts : Addison-Wesley, cop. 1999
- Liou, Frank W.. Rapid prototyping and engineering applications : a toolbox for prototype development / Frank W. Liou . Boca Raton [Florida] : CRC, cop. 2008
- Porter, Stephen Dale. CAD/CAM: Principles, Practice, and Manufacturing Management / Stephen Dale Porter, ,Chris McMahon, Jimmie Browne Prentice Hall, 1999
- Porter, Stephen. The PLM primer : [a guide to successfully selecting and deploying product lifecycle management solutions] / Stephen Porter . Austin : Zero Wait-State, cop. 2012
- Rapid manufacturing : an industrial revolution for the digital age / editors N. Hopkinson, R. J. M. Hague, and P. M. Dickens . Chichester : John Wiley, cop. 2006
- Rapid prototyping : theory and practice / edited by Ali Kamrani and Emad Abouel Nasr . New York : Springer, cop. 2006
- Roebuck, Kevin. Product Lifecycle Management (Plm) EmereoPty Ltd. 2011
- Sebastián Pérez, Miguel Angel. Programación de máquinas-herramienta con control numérico / Miguel Ángel Sebastián Pérez, Carmelo Javier Luis Pérez. Madrid : Universidad Nacional de Educación a Distancia, D.L. 1999
- Singh, Harjinder. Fundamentals of hydroforming / Harjinder Singh . Dearborn (Michigan) : Society of Manufacturing Engineers, cop. 2003
- Szumera, James A.. The metal stamping process : your product from concept to customer / James A. Szumera . New York : Industrial Press, cop. 2003
- Wang, Wanlong. Rapid Tooling Guidelines For Sand Casting / by Wanlong Wang, Henry W. Stoll, James G. Conley . Boston, MA : Springer US, 2010
- Zeid, Ibrahim. Mastering CAD/CAM / Ibrahim Zeid . Boston [etc.] : McGraw-Hill Higher Education, cop. 2005