



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



## Guía docente de la asignatura

# Fabricación Asistida por Ordenador

**Titulación: Máster en Ingeniería Industrial**

CSV:	lcvurjEGKXdcy5trvxasuOm6A	Fecha:	29/01/2019 23:10:23	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/lcvurjEGKXdcy5trvxasuOm6A	Página:	1/14	

## 1. Datos de la asignatura

<b>Nombre</b>	Fabricación Asistida por Ordenador ( <i>Computer Aided Manufacturing</i> )				
<b>Materia*</b>	Mecánica y Fabricación				
<b>Módulo*</b>	Tecnologías Industriales				
<b>Código</b>	223102019				
<b>Titulación</b>	Máster en Ingeniería Industrial				
<b>Plan de estudios</b>	2013				
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial				
<b>Tipo</b>	Optativa				
<b>Periodo lectivo</b>	Cuatrimestral	<b>Cuatrimestre</b>	1º	<b>Curso</b>	2º
<b>Idioma</b>	Español				
<b>ECTS</b>	4,5	<b>Horas / ECTS</b>	30	<b>Carga total de trabajo (horas)</b>	135

\* Todos los términos marcados con un asterisco están definidos en *Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos*:

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>

## 2. Datos del profesorado

<b>Profesor responsable</b>	Rosendo Zamora Pedreño		
<b>Departamento</b>	Ingeniería de Materiales y Fabricación		
<b>Área de conocimiento</b>	Ingeniería de los Procesos de Fabricación		
<b>Ubicación del despacho</b>	2ª Planta Hospital de Marina		
<b>Teléfono</b>	968 325965	<b>Fax</b>	
<b>Correo electrónico</b>	rosendo.zamora@upct.es		
<b>URL / WEB</b>	http://www.dimf.upct.es		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Ver Aula Virtual		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	Dpto. Ing. Materiales y Fabricación 2ºP H. de Marina		

<b>Titulación</b>	Doctor por la UPCT
<b>Vinculación con la UPCT</b>	Profesor Titular de Universidad
<b>Año de ingreso en la UPCT</b>	1996
<b>Nº de quinquenios (si procede)</b>	4
<b>Líneas de investigación (si procede)</b>	Optimización de procesos de fundición, Modelos técnico-económicos de procesos de fabricación.
<b>Nº de sexenios (si procede)</b>	2
<b>Experiencia profesional (si procede)</b>	
<b>Otros temas de interés</b>	

### 3. Descripción de la asignatura

#### 3.1. Descripción general de la asignatura

Comprende el estudio de los sistemas basados en el uso de computadores que rodean a los procesos de fabricación mecánica actuales. Se comienza con el estudio de los sistemas de Control Numérico Computerizado CNC desde el punto de vista teórico incluyendo los aspectos prácticos de su programación a alto nivel. Esta programación se estudiará en tanto en el formato asistido ofrecido por los propios CNC así como mediante el uso de los sistemas CAD/CAM 3D. Adicionalmente se tratarán los aspectos relacionados con los nuevos procesos de Fabricación Aditiva actualmente desarrollados bajo la impresión 3D, estudiando las tecnologías disponibles OPEN SOURCE.

#### 3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

Esta asignatura habilitará al alumno en el campo de las tecnologías CAD/CAM; en el diseño y programación de sistemas CNC para la fabricación mecánica de piezas complejas incluyendo tanto procesos clásicos por arranque de viruta así como los nuevos procesos de fabricación aditiva. Será formado sobre las técnicas de impresión tridimensional actuales y las nuevas tecnologías de fabricación emergentes.

#### 3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

Esta asignatura está muy relacionada con Sistemas Integrados de Fabricación que se imparte en el primer curso del Máster así como con las que completan el grupo de optativas de Mecánica y Fabricación.

#### 3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios

No se definen incompatibilidades.

#### 3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Es muy recomendable afrontar esta asignatura teniendo claros los conceptos básicos de los procesos de mecanizado por arranque de viruta incluidos en los planes de estudios de las asignaturas de los grados.

#### 3.6. Medidas especiales previstas

Se adoptarán medidas especiales que permitan la integración de aquellos alumnos que provienen de universidades extranjeras. Se tratará de intercalar explicaciones en inglés durante el desarrollo de las clases, en especial en las sesiones dedicadas a prácticas de laboratorio. En ambos casos, se integrarán en grupos de trabajo/aprendizaje cooperativo de forma conjunta con el resto del curso o bien en grupos para alumnos extranjeros, fomentándose el seguimiento del aprendizaje mediante la programación de tutorías de grupo y la presentación o entrega de las actividades propuestas para su realización por grupos.

## 4. Competencias y resultados del aprendizaje

### 4.1. Competencias básicas\* del plan de estudios asociadas a la asignatura

CB10. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### 4.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura

CG4. Realizar investigación, desarrollo e innovación en productos, procesos y métodos.

### 4.3. Competencias específicas\* del plan de estudios asociadas a la asignatura

Conocimientos y capacidades para la integración de sistemas de control numérico en máquinas herramienta y sistemas de fabricación aditiva mediante el uso de tecnologías CAD/CAM en entornos industriales.

### 4.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura

T5. Aplicar a la práctica los conocimientos adquiridos.

### 4.5. Resultados\*\* del aprendizaje de la asignatura

El alumno deberá haber adquirido los conocimientos necesarios para:

1. Ser capaz de definir la arquitectura interna de los sistemas de control numérico y los elementos periféricos que los rodean.
2. Definir las características necesarias en las Máquinas Herramienta para su uso y control mediante CNC.
3. Seleccionar el tipo de CNC junto con la Máquina Herramienta detallando las prestaciones necesarias de ambos en función de la familia de piezas que se pretenda fabricar.
4. Programar un CNC en modo libre, conversacional y asistido en 3 ejes.
5. Realizar programas de mecanizado en 5 ejes para el mecanizado de geometrías complejas mediante el uso de software de CAD/CAM.
6. Seleccionar la tecnología de fabricación aditiva óptima según los requerimientos funcionales de las piezas a fabricar.
7. Definir los equipos y requerimientos necesarios para construir un equipo de fabricación aditiva 3DP.
8. Identificar y seleccionar los elementos auxiliares de la automatización que rodean a los CNC tales como Robots, Vehículos Guiados Automáticamente (AGV), Autómatas Programables (PLC) y Sistemas Automatizados de Almacenamiento (ASRS).

**\*\* Véase también la *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*, de ANECA:**

[http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes\\_v02.pdf](http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes_v02.pdf)

## 5. Contenidos

### 5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Introducción al control numérico. Arquitectura del control numérico. Elementos básicos en las MH-CNC. Selección de sistemas CNC. Programación CNC. Sistemas de fabricación automatizados. Sistemas CAD/CAM.

### 5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

#### U1. El Control Numérico Computerizado (CNC)

##### 1. Introducción al CNC

Conceptos previos. Evolución histórica y tendencias. Máquina herramienta convencional frente a CNC

##### 2. Arquitectura del Control Numérico

Clasificación de los CNC. Arquitectura Interna. Análisis Funcional.

##### 3. Elementos básicos en las Máquinas Herramienta CNC

Elementos de accionamiento de un eje. Regulación de un eje. Transductores de posición. Sistemas de transmisión mecánica. Señales y alarmas básicas.

##### 4. Conceptos previos en la programación CNC

Sintaxis. Sistemas de referencia. Ejes. Decalajes. Programación y parámetros de las tablas de herramientas.

##### 5. Programación CNC

Programación ISO 2D. Saltos de secuencia de ejecución. Ciclos Fijos 2D. Ciclos Fijos 3D. Editor de perfiles. Programación Paramétrica.

#### U2. Fabricación Asistida por Computador - CAM

##### 6. Sistemas CAM

Software CAD/CAM 2D y 3D. Estrategias de mecanizado: Preproceso. Postprocesado 3D. Postprocesado en 5 ejes.

##### 7. Autómatas Programables (PLC)

Definición y características de un PLC. Tipos y funcionalidades. Principios básicos de programación. El PLC en la máquina herramienta.

##### 8. Sistemas Automatizados de Almacenamiento (ASRS)

Clasificación. Tipos y funcionalidades. Medidas de productividad en ASRS.

##### 9. Vehículos de guiado automático (AGV)

Descripción y tipos de AGV. Componentes mínimos. Sistemas de guiado y control. Integración en los sistemas de fabricación.

#### U3. Fabricación Aditiva (AM)

##### 10. Introducción a la fabricación aditiva

Antecedentes y desarrollo de la (AM). Descripción y principios de funcionamiento. Preproceso, proceso y postproceso.

##### 11. Tecnologías disponibles en la AM: SLA, SLS/SLM, FDM, 3DP, SGC, Polyjet, LOM.

##### 12. La fabricación Aditiva OPEN-SOURCE

Software de preprocesado "slicers". Electrónica open para el control (Arduino). Motores paso a paso. Parámetros fundamentales en el FDM. Problemas típicos.

13. Nuevos procesos AM. Aplicaciones  
Máquinas híbridas. Materiales para AM.

**5.3. Programa de prácticas** (nombre y descripción de cada práctica)

- P1. Programación CNC 2D: Torno (2 horas)  
Programación de piezas torneadas en FAGOR 8065
- P2. Programación CNC 3D: Fresa (2 horas)  
Programación de piezas fresadas en FAGOR 8065
- P3. Programación CAD/CAM 2D: Introducción (1 hora)  
Introducción al software CAD/CAM SolidWorks y CamWorks
- P4. Programación CAD/CAM 2D: Contornos (2 horas)  
Desarrollo de programas de mecanizado de piezas torneadas mediante CamWorks
- P5. Programación CAD/CAM 3D: Mecanizado 2,5 ejes (2 horas)  
Fabricación de piezas de fresado en 2,5 ejes mediante CamWorks
- P6. Programación CAD/CAM 3D: Superficies (2 horas)  
Diseño de superficies complejas 3D en SolidWorks
- P7. Programación CAD/CAM 3D: Mecanizado de superficies 3D (2 horas)  
Fabricación de superficies 3D en tres y cinco ejes
- P8. Puesta en marcha de una impresora 3D FDM (2 horas)  
Ensamblado y puesta en marcha de una impresora 3D

**Prevención de riesgos**

La Universidad Politécnica de Cartagena considera como uno de sus principios básicos y objetivos fundamentales la promoción de la mejora continua de las condiciones de trabajo y estudio de toda la Comunidad Universitaria.

Este compromiso con la prevención y las responsabilidades que se derivan atañe a todos los niveles que integran la Universidad: órganos de gobierno, equipo de dirección, personal docente e investigador, personal de administración y servicios y estudiantes.

El Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPCT ha elaborado un “Manual de acogida al estudiante en materia de prevención de riesgos” que puedes encontrar en el Aula Virtual, y en el que encontraras instrucciones y recomendaciones acerca de cómo actuar de forma correcta, desde el punto de vista de la prevención (seguridad, ergonomía, etc.), cuando desarrolles cualquier tipo de actividad en la Universidad. También encontrarás recomendaciones sobre cómo proceder en caso de emergencia o que se produzca algún incidente.

En especial, cuando realices prácticas docentes en laboratorios, talleres o trabajo de campo, debes seguir todas las instrucciones del profesorado, que es la persona responsable de tu seguridad y salud durante su realización. Consúltale todas las dudas que te surjan y no pongas en riesgo tu seguridad ni la de tus compañeros.

**5.4. Programa de teoría en inglés** (unidades didácticas y temas)

## U1. Computer Numerical Control (CNC)

1. Introduction to CNC  
Initial concepts. Historic evolution and trends. Conventional Machine tool vs CNC machine tool.
2. CNC Architecture  
CNC classification. Internal architecture. Functional analysis.
3. Basic elements in CNC tool machines  
Axis driving elements. Axis setting. Position transducers. Mechanical transmission systems. Basic signals and alarms.
4. Preliminary concepts in CNC programming  
Syntax. Reference systems. Axis. Offsets. Tool tables parameters.
5. CNC programming  
ISO 2D CNC programming. Execution sequence jumps. Canned cycles 2D. Canned cycles 3D. Profile editors. Parametric programming.

## U2. Computer Aided Manufacturing - CAM

1. CAM Systems  
Software CAD/CAM 2D & 3D. Machining strategies: Pre-process. Post-process 3D. 5 axis post-processing.
2. Industrial Robotics  
Classification. Types and functionality. Basic programming principles. Robot Integration in manufacturing cells.
3. Automated storage and retrieval system (ASRS)  
Classification. Types and functionality. Productivity measurements in ASRS.
4. Automated guided vehicle (AGV)  
Description and types of AGV. Minimum components of an AGV. Guide and control systems. Integration with manufacturing systems.

## U3. Additive Manufacturing (AM)

1. Introduction to Additive Manufacturing (AM)  
Antecedents and development of the AM. Description and working principles. Pre-process, process and post-process.
2. Available technologies in AM: SLA, SLS/SLM, FDM, 3DP, SGC, Polyjet, LOM.
3. OPEN-SOURCE AM  
Pre-process software "*slicers*". OPEN control electronics (Arduino). Stepper motors. FDM main parameters. FAQ and FDM problems.
4. New AM processes.  
Hybrid machines. AM new materials. Fields of application.



## 5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas

### U1. El Control Numérico Computerizado (CNC)


- Conocer la arquitectura interna de los sistemas de control numérico y los elementos periféricos que los rodean.
- Distinguir las características necesarias en las Máquinas Herramienta para su uso y control mediante CNC.
- Analizar el tipo de CNC junto con la Máquina Herramienta detallando las prestaciones necesarias de ambos en función de la familia de piezas que se pretenda fabricar.
- Entender los principios de programación de un CNC en modo libre, conversacional y asistido en 3 ejes.

### U2. Fabricación Asistida por Computador - CAM

- Distinguir los parámetros necesarios en los programas de mecanizado en 5 ejes para el mecanizado de geometrías complejas mediante el uso de software de CAD/CAM.
- Conocer los elementos auxiliares de la automatización que rodean a los CNC tales como Robots, Vehículos Guiados Automáticamente (AGV), Autómatas Programables (PLC) y Sistemas Automatizados de Almacenamiento (ASRS).

### U3. Fabricación Aditiva (AM)

- Conocer las tecnologías de fabricación aditiva existentes y su relación con los requerimientos funcionales de las piezas a fabricar.
- Conocer los equipos y requerimientos necesarios para construir un equipo de fabricación aditiva 3DP.

CSV:	lcvurjEGKXdcy5trvxasuOm6A	Fecha:	29/01/2019 23:10:23	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/lcvurjEGKXdcy5trvxasuOm6A	Página:	9/14	

## 6. Metodología docente

6.1. Metodología docente*			
Actividad*	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
1.Clase de teoría	Clase expositiva de los temas, tratando los aspectos más importantes y de mayor dificultad.	<u>Presencial</u> : Toma de apuntes y planteamiento de dudas	30
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia	48
2. Clase de prácticas. Sesiones de Laboratorio (PC)	Se explican con medios audiovisuales los el funcionamiento del software y hardware empleado y se propone un ejemplo para su resolución verificando su resultado.	<u>Presencial</u> : Manejo de software de programación CNC y CAD/CAM	15
		<u>No presencial</u> : Resolución de ejercicios propuestos por el profesor	12
3.Actividades de trabajo cooperativo	Resolución de problemas propuestos para evaluar los conocimientos impartidos en las clases de prácticas		
		<u>No presencial</u> : Realización de programas de mecanizado de las piezas propuestas	20
4.Tutorías	Resolución de dudas sobre teoría, ejercicios, prácticas y manejo de software,	<u>Presencial</u> : Planteamiento de dudas en despacho	2
		<u>No presencial</u> : planteamiento de dudas por e-mail	2
5.Exámenes oficiales	Examen de teoría y de prácticas	<u>Presencial</u> :	6
			135

## 6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1)

		Resultados del aprendizaje (4.5)							
Actividades formativas (6.1)		1	2	3	4	5	6	7	8
1. Clase teoría		X	X	X			X	X	X
2. Clase prácticas					X	X		X	
3. Trabajo						X			

## 7. Metodología de evaluación

### 7.1. Metodología de evaluación\*

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
Prueba escrita individual	X		10 cuestiones cortas de carácter teórico.	40-60	1-2-3-6-7-8
Prueba de prácticas	X		Resolución de un problema de programación CNC en PC del laboratorio. Se dispondrá de 1:30h para resolver el problema en el Laboratorio de CNC	20-25	4
Trabajo de CAD/CAM	X		Resolución de un problema de programación CAD/CAM. Se establecerá un plazo mínimo de 15 días para su entrega.	20-25	5

- (1) Tal como prevé el artículo 5.4 del *Reglamento de las pruebas de evaluación de los títulos oficiales de grado y de máster con atribuciones profesionales* de la UPCT, el estudiante en el que se den las circunstancias especiales recogidas en el Reglamento, y previa solicitud justificada al Departamento y admitida por este, tendrá derecho a una prueba global de evaluación. Esto no le exime de realizar los trabajos obligatorios que estén recogidos en la guía docente de la asignatura.
- (2) Para superar la asignatura es imprescindible la evaluación positiva de las prácticas. La evaluación positiva se obtendrá asistiendo a todas las sesiones incluidas en el programa de prácticas. La falta justificada a alguna sesión práctica se ha de recuperar y las faltas injustificadas darán lugar automáticamente a una evaluación negativa
- (3) Para superar la asignatura, la prueba escrita individual debe superarse con nota igual o superior a 3 sobre 10.

## 8 Bibliografía y recursos

### 8.1. Bibliografía básica\*

1.-“Programación de máquinas-herramienta con control numérico”, Miguel Ángel Sebastián Pérez y Carmelo Javier Luis Pérez UNED, 1999 ISBN 84 362 3811 7

[http://unicorn.bib.upct.es/uhtbin/cgiirsi/x/0/0/57/5/3?searchdata1=16551{CKEY}&searchfield1=GENERAL^SUBJECT^GENERAL^^&user\\_id=WEBSEVER](http://unicorn.bib.upct.es/uhtbin/cgiirsi/x/0/0/57/5/3?searchdata1=16551{CKEY}&searchfield1=GENERAL^SUBJECT^GENERAL^^&user_id=WEBSEVER) U1



2.-“Mecanizado por control numérico”, Tornero Martínez, Francisco, 2012, Ed.Cano Pina, ISBN E 9788415884538.

<http://site.ebrary.com/lib/univupct/detail.action?docID=11002028> U1



3.-“Control numérico y programación II sistemas de fabricación de máquinas automatizadas”, Cruz Teruel, F., 2005, Marcombo, ISBN: 9788426715951

[http://unicorn.bib.upct.es/uhtbin/cgiirsi/x/0/0/57/5/3?searchdata1=180034{CKEY}&searchfield1=GENERAL^SUBJECT^GENERAL^^&user\\_id=WEBSEVER](http://unicorn.bib.upct.es/uhtbin/cgiirsi/x/0/0/57/5/3?searchdata1=180034{CKEY}&searchfield1=GENERAL^SUBJECT^GENERAL^^&user_id=WEBSEVER) U1 y U2



4.-"Computer Aided Manufacturing", Tien-Chien Chang, Wylk. Prentice Hall 2006

[http://unicorn.bib.upct.es/uhtbin/cgiirsi/x/0/0/57/5/3?searchdata1=156151{CKEY}&searchfield1=GENERAL^SUBJECT^GENERAL^^&user\\_id=WEBSEVER](http://unicorn.bib.upct.es/uhtbin/cgiirsi/x/0/0/57/5/3?searchdata1=156151{CKEY}&searchfield1=GENERAL^SUBJECT^GENERAL^^&user_id=WEBSEVER) U2



5.-“Additive Manufacturing Technologies. Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing”, Gibson I., 2010, Springer, ISBN: 978-1-4419-1119-3.

<http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4419-1120-9> U3



### 8.2. Bibliografía complementaria\*

1.-"Machine tools for high performance machining", N. López de Lacalle, A. Lamikiz, Springer ISBN-13: 9781848003798.

2.-“Reconversión de las máquinas-herramienta convencionales a Control Numérico Computarizado (Metodología)”, Arriaga Segundo, L., 2004, Instituto Politécnico Nacional Mexico.

3.-"Control numèric I. Conceptes, característiques i elements bàsics",Joan Vivancos Calvet, Temes d'Enginyeria Mecànica nº 17,Edicions UPC Universidad Politécnica de Catalunya

4.-"Control numèric II. Programació",Joan Vivancos Calvet,Temes d'Enginyeria Mecànica nº 18, Edicions UPC Universidad Politécnica de Catalunya

5.-"Programación Manual de Control Numérico" (Tomo I y II), Rafael Guarinos Abad y otros, Dpto. Ing. Mecánica. E.P.S Alcoy. UPV Servicio Publicaciones.

6.- "Prácticas de torno de C.N.C. (Fagor 8055-TG)",3º Ed., Rivera Román, F., Serv. Publicaciones Univ Córdoba, ISBN 84-7801-814-X.

7.-Manuales FAGOR 8065, SolidWorks, CamWorks.

### 8.3. Recursos en red y otros recursos

Aula Virtual UPCT