

**ANX-PR/CL/001-02**  
**GUÍA DE APRENDIZAJE**

**ASIGNATURA**

Nanoelectronica

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2015-16 - Segundo semestre

## Datos Descriptivos

---

<b>Nombre de la Asignatura</b>	Nanoelectronica
<b>Titulación</b>	09AQ - Master Universitario en Ingenieria de Telecomunicacion
<b>Centro responsable de la titulación</b>	E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicacion
<b>Semestre/s de impartición</b>	Cuarto semestre
<b>Módulo</b>	Intensificacion-investigacion en telecomunicacion
<b>Materia</b>	Electronica ii
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Código UPM</b>	93000839
<b>Nombre en inglés</b>	Nanoelectronic

## Datos Generales

---

<b>Créditos</b>	6	<b>Curso</b>	2
<b>Curso Académico</b>	2015-16	<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano	<b>Otros idiomas de impartición</b>	

## Requisitos Previos Obligatorios

---

### Asignaturas Superadas

El plan de estudios Master Universitario en Ingenieria de Telecomunicacion no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

### Otros Requisitos

El plan de estudios Master Universitario en Ingenieria de Telecomunicacion no tiene definidos otros requisitos para esta asignatura.

## Conocimientos Previos

---

### Asignaturas Previas Recomendadas

El coordinador de la asignatura no ha definido asignaturas previas recomendadas.

### Otros Conocimientos Previos Recomendados

Inglés

## Competencias

---

CE10 - Capacidad para diseñar y fabricar circuitos integrados.

CE13 - Capacidad para aplicar conocimientos avanzados de fotónica y optoelectrónica, así como electrónica de alta frecuencia.

CE15 - Capacidad para la integración de tecnologías y sistemas propios de la Ingeniería de Telecomunicación, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares como por ejemplo en bioingeniería, conversión fotovoltaica, nanotecnología, telemedicina.

CG1 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CG2 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CG4 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG5 - 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.

CT4 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.

CT5 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.

## Resultados de Aprendizaje

---

RA10 - Saber realizar una presentación de carácter técnico, ante una audiencia de pares, que describa el trabajo realizado y sus resultados, de forma clara y bien estructurada, en el tiempo establecido, y usando un lenguaje preciso

RA125 - Conocer las aplicaciones de las tecnologías microelectrónicas a dispositivos electrónicos particulares como dispositivos pasivos de alta frecuencia, sensores, MEMS, etc.

RA76 - Habilidad de comunicación oral y escrita

RA72 - Mejora de la capacidad de pensamiento creativo

RA122 - Conocer a nivel básico los procesos tecnológicos que se usan en la fabricación de circuitos integrados

RA124 - Conocer el concepto de tecnología de fabricación microelectrónica y saber diseñar esquemáticamente una ruta de fabricación de CI

RA25 - P ráctica de habilidades transversales necesarias para la gestión y participación en proyectos de ingeniería. (CG4, CT2, CT4)

RA41 - Capacidad de presentar los resultados de lo anterior en grupo de forma oral y escrita

RA87 - Comprender cómo distintas alternativas de diseño para un circuito integrado CMOS afectan a su área, velocidad, consumo de potencia, fiabilidad y coste.

## Profesorado

---

### Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Calle Gomez, Fernando ( <b>Coordinador/a</b> )	C-225	fernando.calle@upm.es	M - 17:00 - 18:00

**Nota.-** Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### Personal Investigador en Formación o Similar

Nombre	e-mail	Profesor Responsable
Romero Rojo, Fatima	fatima.romero@upm.es	Calle Gomez, Fernando

### Profesorado Externo

Nombre	e-mail	Centro de procedencia
Pedros Ayala, Jorge	j.pedros@upm.es	UPM

## Descripción de la Asignatura

---

Los sistemas electrónicos actuales incluyen, en número creciente, sensores, actuadores e interfaces con el usuario que tienden a ser, a su vez, verdaderos micro- y nanosistemas (MS y NS). Esta situación es más relevante en sistemas portátiles donde la funcionalidad, la mejora de prestaciones y los aspectos de energía están promoviendo el uso de tecnología nanoelectrónica incluso en las partes de captación y almacenamiento de energía eléctrica. Los teléfonos móviles inteligentes son, sin duda, un paradigma de tales tendencias. Otros ejemplos de relevancia social se están produciendo en el área de la biomedicina. La disponibilidad comercial de los denominados lab-on-a chip, verdaderos MS y NS que integran aspectos de nanosensores, MS e inteligencia integrada, y de uso rutinario en los estudios analíticos en hospitales, y los desarrollos de implantes sensoriales están promoviendo nuevos avances en MS y NS.

Desde un punto de vista de contenidos, planteamos dos objetivos pedagógicos principales:

- Conocer y revisar una panorámica general de los microsistemas y la nanoelectrónica (NE), y estudiar los principios de funcionamiento y fabricación de microsistemas y de nanoelectrónica en los ámbitos indicados arriba. En este contexto se introducirán los principios básicos de nanotecnología que sean requeridos.
- Conocer los dispositivos micro y nanoelectrónicos en que se basan los micro y nanosistemas, y evaluar sus propiedades fruto de la incorporación de nuevos materiales y la reducción de escala.

Desde el punto de vista aptitudinal, los objetivos de esta asignatura son fomentar la capacidad para reflexionar y relacionar contenidos; la búsqueda, elaboración y presentación de información; y el trabajo de integración de conocimientos.

El programa de esta asignatura consta de dos partes:

- La primera son una serie de temas dedicados a los fundamentos de la nanotecnología, los nanomateriales, los procedimientos de fabricación y caracterización, y el estudio del mercado de los micro y nanosistemas .
- La segunda parte trata de que los estudiantes efectúen prácticas de simulación de nanodispositivos avanzados para algunas de las aplicaciones anteriores. Se propondrán casos seleccionados de MOSFETS escalados y basados en nanohilos, nanotubos de carbono y nanocintas de grafeno. Se pretende que los estudiante desarrollen habilidades de para la evaluación crítica de parámetros, representación de resultados, y su interpretación para extraer conclusiones y mejorar los diseños.

## Temario

---

1. Introducción a los micro y nanosistemas
  - 1.1. Introducción a la nanotecnología
  - 1.2. Nanomateriales y nanoestructuras basadas en semiconductores, carbono y materiales orgánicos
  - 1.3. Técnicas de fabricación y caracterización de nanodispositivos
2. Simulaciones
  - 2.1. Fundamentos de la simulación. Software FETToy 2.0: dispositivo, modelo, entorno, salidas
  - 2.2. Simulación 1: Introducción al MOSFET
  - 2.3. Simulación 2: Escalado de transistores
  - 2.4. Simulación 3: MOSFET de nanohilo de Si
  - 2.5. Simulación 4: MOSFET de CNT o grafeno

## Cronograma

**Horas totales:** 64 horas

**Horas presenciales:** 64 horas (41%)

**Peso total de actividades de evaluación continua:**  
100%

**Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:**  
100%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	<p><b>1. Introducción a los microsistemas. 1. Introducción a los micro y nanosistemas 1.1. Introducción a la nanotecnología</b></p> <p>Duración: 04:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 2	<p><b>1.2 Nanomateriales y nanoestructuras basadas en semiconductores, carbono y materiales orgánicos</b></p> <p>Duración: 04:00</p> <p>OT: Otras actividades formativas</p>			
Semana 3	<p><b>1.3 Técnicas de fabricación y caracterización de nanodispositivos</b></p> <p>Duración: 04:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 4	<p><b>2. Introducción a las simulaciones 2.1. Fundamentos de la simulación. Software FETToy 2.0: dispositivo, modelo, entorno, salidas</b></p> <p>Duración: 04:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 5	<p><b>Simulación 1: Introducción al MOSFET.</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Examen</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p> <p>Evaluación continua y sólo prueba final</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 6	<p><b>Simulación 1: Introducción al MOSFET.</b></p> <p>Duración: 04:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 7	<p><b>Simulación 1: Introducción al MOSFET.</b></p> <p>Duración: 04:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Informe</b></p> <p>Duración: 00:00</p> <p>PI: Técnica del tipo Presentación Individual</p> <p>Evaluación continua y sólo prueba final</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 8	<p><b>Simulación 2: Escalado de transistores</b></p> <p>Duración: 04:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			

Semana 9	<b>Simulación 2: Escalado de transistores</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio			
Semana 10	<b>Simulación 2: Escalado de transistores</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Informe</b> Duración: 00:00 PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 11	<b>Simulación 3: MOSFET de nanohilo de Si</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio			
Semana 12	<b>Simulación 3: MOSFET de nanohilo de Si</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio			
Semana 13	<b>Simulación 3: MOSFET de nanohilo de Si</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio			<b>Informe</b> Duración: 00:00 PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 14	<b>Simulación 4: MOSFET de CNT/grafeno</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio			
Semana 15	<b>Simulación 4: MOSFET de CNT/grafeno</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio			
Semana 16	<b>Simulación 4: MOSFET de CNT/grafeno</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio			<b>Informe</b> Duración: 00:00 PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial
Semana 17				

**Nota.-** El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

**Nota 2.-** Para poder calcular correctamente la dedicación de un alumno, la duración de las actividades que se repiten en el tiempo (por ejemplo, subgrupos de prácticas") únicamente se indican la primera vez que se definen.

## Actividades de Evaluación

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
5	Examen	01:00	Evaluación continua y sólo prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	20%	3 / 10	CG4, CE15, CE10, CG1
7	Informe	00:00	Evaluación continua y sólo prueba final	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Sí	20%	3 / 10	CE13, CE15, CG2, CG5, CT4
10	Informe	00:00	Evaluación continua y sólo prueba final	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Sí	20%	3 / 10	CG2, CE13, CE15, CG5, CT4
13	Informe	00:00	Evaluación continua y sólo prueba final	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Sí	20%	3 / 10	CE13, CE15, CG2, CG4, CT4
16	Informe	00:00	Evaluación continua y sólo prueba final	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Sí	20%	3 / 10	CE13, CE15, CG2, CG5, CT4

## Criterios de Evaluación

La evaluación consiste en cinco pruebas, cada una con un 20% de la nota:

- Un examen parcial sobre el contenido del tema 1
- Cuatro informes de las respectivas prácticas.

El procedimiento descrito es la evaluación continua, la que se entiende que se adapta al Plan Bolonia.

Los alumnos que deseen presentarse a la convocatoria final deberán solicitarlo por escrito al coordinador antes de transcurrido un mes desde el inicio del cuatrimestre. Para la evaluación de todas las competencias, los alumnos que deseen evaluación final deberán superar un examen y presentar los informes de todas las prácticas en la fecha de dicho examen.



## Recursos Didácticos

---

Descripción	Tipo	Observaciones
B. Rogers, S. Pennathur, J. Adams, Nanotechnology. Understanding small systems, 2nd ed. CRC Press (2011).	Bibliografía	Libro de consulta
R. Kelsall, I.W. Hamley and M. Geoghegan (eds.), Nanoscale Science and Technology, Wiley (2005)	Bibliografía	Libro consulta
M. Lundstrom and J. Guo, Nanoscale Transistors: Device Physics, Modeling and Simulation, Springer (2006).	Bibliografía	Libro consulta
Bharat Bhushan (editor), Springer Handbook of Nanotechnology, 3rd ed. Springer, 2010.	Bibliografía	Manual
Mark Lundstrom, <a href="https://nanohub.org/resources/5306">https://nanohub.org/resources/5306</a>	Recursos web	On-line presentations: simulations
Transparencias en plataforma Moodle	Otros	Contenido de las clases
Software: FETToy 2.0 at <a href="https://nanohub.org/resources/107">https://nanohub.org/resources/107</a>	Otros	Programa software para simulaciones
Enlaces web	Recursos web	Enlaces de asociaciones, centros de I+D, compañías, congresos, etc. relacionados con la asignatura.

## Otra Información

---

En esta asignatura se pretende presentar el contenido con un enfoque práctico y de aplicación.

Respecto a la metodología y evaluación, dependerá del número de alumnos matriculados. Inicialmente se plantean las prácticas para que sean desarrolladas por equipos de dos personas.