



## Guía docente

# 230355 - GRACNIF - Introducción y Fundamentos del Grafeno y los Nanotubos de Carbono

Última modificación: 24/03/2017

**Unidad responsable:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona

**Unidad que imparte:** 710 - EEL - Departamento de Ingeniería Electrónica.

**Titulación:**

**Curso:** 2017

**Créditos ECTS:** 2.5

**Idiomas:** Inglés

## PROFESORADO

**Profesorado responsable:** Juan Miguel López-González

**Otros:** Juan Miguel López-González

## COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

### Específicas:

CEE12. Capacidad de utilizar dispositivos semiconductores teniendo en cuenta sus características físicas y sus limitaciones.

CEE13. Capacidad de analizar y evaluar el funcionamiento a nivel físico de los principales dispositivos y sensores, de las relaciones entre magnitudes en sus terminales y de sus circuitos equivalentes.

CEE14. Capacidad de relacionar un dispositivo electrónico con su tecnología de fabricación y de entender el proceso de diseño del mismo

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

## METODOLOGÍAS DOCENTES

- Lectures
- Application classes
- Individual work (distance)
- Exercises to strengthen the theoretical knowledge.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Learning objectives of the subject:

The aim of Graphene and Carbon Nanotubes Introduction and Fundamentals course is to introduce the basic device physics of carbon nanotubes (CNTs) and graphene necessary to understand the performance of modern electronic devices based on these materials. First, we study basic quantum mechanic of solids. Then we describe the physical and electronic structure and properties of graphene and CNTs. Finally we explained graphene and CNTs applications for: transistors, solar cells, sensors and NEMS.

Learning results of the subject:

- Ability to understand energy bands of solids.
- Ability to understand electrical properties of Graphene.
- Ability to analyse electrical properties of Carbon Nanotubes.
- Ability to understand electrical performance of modern electronic devices based on graphene and CNTs.



## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	20,0	32.00
Horas aprendizaje autónomo	42,5	68.00

**Dedicación total:** 62.5 h

## CONTENIDOS

### 1. Introduction of Graphene and CNT

#### Descripción:

- ? Course introduction
- ? Synthesis and characterization techniques
- ? Graphene

#### Dedicación:

- 9h 30m  
Grupo grande/Teoría: 3h  
Aprendizaje autónomo: 6h 30m

### 2. Quantum mechanics

#### Descripción:

- ? Introduction Quantum Mechanics
- ? E(k) dispersion equation
- ? Solids crystallography

#### Dedicación:

- 9h  
Grupo grande/Teoría: 3h  
Aprendizaje autónomo: 6h

### 3. Graphene

#### Descripción:

- Lattice of Graphene
- Graphene energy dispersion bands
- Carrier densities
- Nanoribbons

#### Dedicación:

- 9h  
Grupo grande/Teoría: 3h  
Aprendizaje autónomo: 6h



#### 4. Carbon Nanotubes

**Descripción:**

- Chirality and configuration of CNTs
- Metallic and semiconductor CNTs
- CNT energy bands, carrier velocities and density

**Dedicación:** 9h

Grupo grande/Teoría: 3h

Aprendizaje autónomo: 6h

#### 5. Quantum electrical properties of Graphene and CNT

**Descripción:**

- ? Conductance, capacitance and inductance
- ? CNT resistance and transmission line models

**Dedicación:** 9h

Grupo grande/Teoría: 3h

Aprendizaje autónomo: 6h

#### 6. Applications of Carbon Nanotubes

**Descripción:**

- ? CNT applications
- ? CNT Field Effect Transistors, CNTFET

**Dedicación:** 9h

Grupo grande/Teoría: 3h

Aprendizaje autónomo: 6h

#### 7. Applications of Graphene

**Descripción:**

- ? Graphene FET
- ? Graphene electronics
- ? Graphene optoelectronics
- ? Graphene transistors review

**Dedicación:** 8h

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 6h

### SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Exercises: 100 %



## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- Xia, F.; Yan, H.; Avouris, P. "The interaction of Light and Graphene: Basics, Devices, and Applications". Proceedings of the IEEE [en línea]. Vol. 101, No. 7, July 2013 [Consulta: 07/03/2016]. Disponible a: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6514893>.
- Wong, Hon-Sum Philip; Akinwande, Deji. Carbon nanotube and graphene device physics. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN 9780521519052.
- Wu, Y ... [et al.]. "Graphene Electronics: Materials, Devices, and Circuits". Proceedings of the IEEE [en línea]. Vol. 101, No. 7, July 2013 [Consulta: 07/03/2016]. Disponible a: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6519298>.

### Complementaria:

- Ferrari, A.C. "Science and technology roadmap for graphene, related two-dimensional crystals, and hybrid systems". Nanoscale [en línea]. 2015, núm 7, p. 4598-4810 [Consulta: 07/03/2016]. Disponible a: <http://pubs.rsc.org/en/results?searchtext=Title%3AScience%20and%20technology%20roadmap%20for%20graphene%2C%20related%20two-dimensional%20crystals%2C%20and%20hybrid%20systems>.

## RECURSOS

---

### Otros recursos:

G.N. Dash, S.R. Pattanaik, S. Behera, ?Graphene for Electron Devices: The Panorama of a Decade?, Journal of the Electron Devices Society, vol. 2 no. 5, September 2014. DOI: 10.1109/JEDS.2014.2328032.

F. Schwierz, ?Graphene Transistors: Status, Prospects, and Problems?, Proceedings of the IEEE, vol. 101, no. 7, July 2013.