



# UNIVERSIDAD DE GRANADA

---

**Facultad de Ciencias**

GRADO EN INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

## **CARACTERIZACIÓN ELÉCTRICA DE MATERIALES BIDIMENSIONALES**

Presentado por:

**D. Daniel Domingo Álvarez**

Tutor:

**Prof. D. Francisco Jesús Gámiz Pérez**

Cotutor:

**Prof. D. Carlos Sampedro Matarín**

Curso académico 2021/2022



# UNIVERSIDAD DE GRANADA

## GRADO EN INGENIERIA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

### CARACTERIZACIÓN ELÉCTRICA DE MATERIALES BIDIMENSIONALES

Autor: Daniel Domingo Álvarez

Directores: Francisco Jesús Gámiz Pérez  
Carlos Sampedro Matarín

Departamento: Electrónica y Tecnología de los Computadores

**Palabras clave:** Materiales bidimensionales, grafeno, disulfuro de molibdeno, disulfuro de tungsteno, AFM, SEM, Espectroscopía Raman, CVD, CLD, óxido de grafeno (GO).

**Resumen:** En este trabajo fin de grado, me he centrado en el campo prometedor de algunos materiales bidimensionales como el grafeno, disulfuro de molibdeno y disulfuro de tungsteno.

En primer lugar, he estudiado sus características más destacadas y las aplicaciones más útiles y con un futuro más cercano para su uso cotidiano.

En segundo lugar, he estudiado y llevado a cabo el proceso de fabricación de dichos materiales 2D, incluso con diferentes métodos en alguno de ellos.

Por último, usando diferentes herramientas de caracterización avanzadas como microscopios ópticos, de fuerza atómica, electrónicos de barrido y espectroscopía Raman, he caracterizado estructural y eléctricamente dichos materiales para sacar algunas conclusiones sobre la calidad de los materiales crecidos y su comportamiento eléctrico, para sus aplicaciones en medicina (sensores de cáncer y COVID-19), electrónica (transistores más pequeños y rápidos), renovables (paneles más eficientes), etc.



# UNIVERSIDAD DE GRANADA

## DEGREE IN INDUSTRIAL ELECTRONIC ENGINEERING

### ELECTRICAL CHARACTERIZATION OF TWO-DIMENSIONAL MATERIALS

Author: Daniel Domingo Álvarez

Directors: Francisco Jesús Gámiz Pérez  
Carlos Sampedro Matarín

Department: Electronic and Computer Technologies

**Keywords:** Two-dimensional materials, graphene, molybdenum disulfide, tungsten disulfide, AFM, SEM, spectroscopy Raman, CVD, ALD and oxidized graphene (OG).

**Abstract:** In this final degree project, we have focused on the promising field of some two-dimensional materials such as graphene, molybdenum disulfide and tungsten disulfide.

First of all, I have studied their amazing structural and electrical characteristics and most useful and near-future applications for everyday use.

Secondly, I have studied and carried out the manufacturing process of these 2D materials, even with different methods in some of them.

Finally, using different advanced characterization tools such as optical microscopy, atomic force microscopy, scanning electron microscopy and Raman spectroscopy, I have structurally and electrically characterized these materials to draw some conclusions about the quality of the grown materials and their electrical behavior, for applications like medicine (cancer and COVID-19 sensors), electronic (smaller and faster transistors), renewable (more efficiency in solar panels), etc.