Guía docente de la asignatura

Nanoestructuras para Generación y Almacenamiento de Energía (M44/56/3/18)

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 02/07/2025

Máster	Máster Universitario en Física: Radiaciones, Nanotecnología, Partículas y Astrofísica
MÓDULO	Nanotecnología: Física y Aplicaciones
RAMA	Ciencias
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO	Escuela Internacional de Posgrado

Semestre	Segundo	**Créditos**	6	**Tipo**	Optativa	**Tipo de enseñanza**	Presencial

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

- Cálculo de estructura de bandas en nanoestructuras semiconductoras.
- Mecanismos de dispersión de los portadores.
- Transporte de carga en nanodispositivos electrónicos.
- Técnicas de simulación numérica y modelado compacto. Método de Monte Carlo.
- Herramientas y técnicas de caracterización eléctrica.
- Ruido en nanodispositivos electrónicos.
- Fundamentos de la interacción radiación-materia.
- Nanodispositivos detectores de luz: Fotodiodos y células solares.
- Nanodispositivos emisores de luz.
- Propiedades de puntos cuánticos, hilos cuánticos y nanotubos para aplicaciones energéticas.
- Generación: Células solares basadas en nanoestructuras, sistemas termoeléctricos, nanogeneradores piezoeléctricos.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): DC5C242D6F52C2E95F79D8E832792F42
06/05/2026 - 11:02
Pág. 1 de 8

- Almacenamiento: Modelado de electrodos nanoestructurados en baterías, supercondensadores y pilas de combustible.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - 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.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - 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.
- 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.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG03 - Capacidad de trabajo en equipo. El estudiante deberá integrar su trabajo en el interés de un proyecto común.
- CG04 - Capacidad de expresar y defender en público los resultados y conclusiones obtenidos como resultado del proceso de aprendizaje. Deberá desarrollar y dominar las técnicas de comunicación oral ante cualquier auditorio. Aprender a utilizar sus potencialidades personales para presentar resultados públicamente. Adquisición del convencimiento de que su conocimiento del trabajo realizado le convierte de inmediato en foco de interés y atención.
- CG05 - Capacidad de generación de propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Capacidad de interpretar datos procedentes de la observación experimental o la simulación numérica.
- CE02 - Capacidad de considerar rigurosamente las limitaciones e incertidumbres en los resultados y de los métodos que pueden aplicarse para minimizarlas.
- CE03 - Capacidad de profundizar en los distintos campos de la Física y de identificar los aspectos que se encuentran en los límites del conocimiento.
- CE04 - Capacidad de formular hipótesis, idear experimentos, manejar métodos de cálculo y simulación numérica y desarrollar modelos.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): DC5C242D6F52C2E95F79D8E832792F42
06/05/2026 - 11:02
Pág. 2 de 8

- CT01 - Capacidad de razonamiento crítico: el estudiante debe ser capaz de distinguir aquellos aspectos de su trabajo o del de otros que suponen innovación y avance.
- CT02 - Compromiso ético. Tanto en su etapa de alumno como posteriormente en su trabajo profesional, el estudiante debe ser consciente de la absoluta necesidad de realizar sus tareas con absoluto respeto a la honradez, la verdad y el servicio a la sociedad.
- CT03 - Capacidad de automotivación. Forma parte de la madurez que debe alcanzarse en el proceso formativo a estos niveles: las dificultades han de enfrentarse con decisión y confianza.
- CT04 - Capacidad de reconocimiento de la diversidad y multiculturalidad. Forma parte de la actitud vital que se supone al graduado: su conciencia social ha de guiar aquellos aspectos de su profesión que involucren a otros miembros de la comunidad.

COMPETENCIAS

COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - 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.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - 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.
- 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.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG03 - Capacidad de trabajo en equipo. El estudiante deberá integrar su trabajo en el interés de un proyecto común.
- CG04 - Capacidad de expresar y defender en público los resultados y conclusiones obtenidos como resultado del proceso de aprendizaje. Deberá desarrollar y dominar las técnicas de comunicación oral ante cualquier auditorio. Aprender a utilizar sus potencialidades personales para presentar resultados públicamente. Adquisición del convencimiento de que su conocimiento del trabajo realizado le convierte de inmediato en foco de interés y atención.
- CG05 - Capacidad de generación de propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Capacidad de interpretar datos procedentes de la observación experimental o la simulación numérica.

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): DC5C242D6F52C2E95F79D8E832792F42 Pág. 3 de 8

- CE02 - Capacidad de considerar rigurosamente las limitaciones e incertidumbres en los resultados y de los métodos que pueden aplicarse para minimizarlas.
- CE03 - Capacidad de profundizar en los distintos campos de la Física y de identificar los aspectos que se encuentran en los límites del conocimiento.
- CE04 - Capacidad de formular hipótesis, idear experimentos, manejar métodos de cálculo y simulación numérica y desarrollar modelos.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Capacidad de razonamiento crítico: el estudiante debe ser capaz de distinguir aquellos aspectos de su trabajo o del de otros que suponen innovación y avance.
- CT02 - Compromiso ético. Tanto en su etapa de alumno como posteriormente en su trabajo profesional, el estudiante debe ser consciente de la absoluta necesidad de realizar sus tareas con absoluto respeto a la honradez, la verdad y el servicio a la sociedad.
- CT03 - Capacidad de automotivación. Forma parte de la madurez que debe alcanzarse en el proceso formativo a estos niveles: las dificultades han de enfrentarse con decisión y confianza.
- CT04 - Capacidad de reconocimiento de la diversidad y multiculturalidad. Forma parte de la actitud vital que se supone al graduado: su conciencia social ha de guiar aquellos aspectos de su profesión que involucren a otros miembros de la comunidad.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El estudiante sabrá/comprenderá:

• Los fundamentos físicos de los nanodispositivos electrónicos y optoelectrónicos.

• Modelos físicos que describan el comportamiento de los nanodispositivos.

• Los mecanismos físicos fundamentales implicados en el proceso de generación y almacenamiento de energía en nanoestructuras.

El estudiante será capaz de:

• Manejar herramientas numéricas de simulación de nanodispositivos.

• Desarrollar modelos físicos que describan el comportamiento de los nanodispositivos.

• Aplicar los modelos físicos en simulaciones de dispositivos y sistemas.

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): DC5C242D6F52C2E95F79D8E832792F42
06/05/2026 - 11:02
Pág. 4 de 8

Tema 1.- Introducción: Aplicaciones de la nanotecnología en energía. Una panorámica

Tema 2.- Propiedades de sistemas de baja dimensionalidad para aplicaciones en energía: puntos cuánticos, hilos cuánticos, nanotubos y grafeno.

Tema 3.- Células solares de tercera generación

- 3.1.- Células solares. Conceptos generales. Características de las diferentes generaciones
- 3.2.- Células solares orgánicas y de perovskita
- 3.3.- Células solares tandem y multiunión

Tema 4.- Células solares basadas en puntos cuánticos

- 4.1.- Matrices de puntos cuánticos para células solares. Sistemas de puntos cuánticos ordenados y desordenados.
- 4.2.- Células solares con puntos cuánticos coloidales
- 4.3.- Nanocompuestos con puntos cuánticos para dispositivos fotovoltaicos
- 4.4.- Generación multiexcitón. Incremento de la eficiencia.

Tema 5.- Nanoestructuras en sistemas termoeléctricos y piezoeléctricos

- 5.1.- Fundamentos de termoelectricidad. Ecuación de Transporte de Boltzmann. Formalismo de Landauer.
- 5.2.- Coeficientes termoeléctricos: Seebeck, Peltier, conductividad eléctrica, conductividad térmica.
- 5.3.- Generadores termoeléctricos: batería termoeléctrica, refrigerador Peltier. Figura ZT
- 5.4.- Nanoestructuras para dispositivos termoeléctricos eficientes
- 5.5.- Nanogeneradores piezoeléctricos

PRÁCTICO

- Prácticas de Laboratorio (medida de curva I-V de una célula solar).

- Simulación de diversas nanoestructuras mediante simuladores de www.nanohub.org y Quantum ATK.

- Simulación de un dispositivo termoeléctrico basado en grafeno.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- A. Luque, S. Hedegus, “Handbook of Photovoltaic Science and Engineering” 2ª Ed., Wiley, 2010

- J. Wu, Z.M. Wang (Eds), “Quantum Dot Solar Cells”, Springer, 2014

- T. S. Fisher. "Thermal Energy at the Nanoscale", World Scientific, 2013

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): DC5C242D6F52C2E95F79D8E832792F42 Pág. 5 de 8

- A. Bard, L. R. Faulkner, H. S. White, "Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications", 3rd Ed, Willey 2022
- D. Jena, "Quantum Physics of Semiconductor Materials and Devices", Oxford, 2022
- Artículos científicos seleccionados

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- S. Priya, D.J. Inman (Eds), "Energy Harvesting Technologies", Springer, 2009
- W.C. H. Choy (Ed), "Organic Solar Cells. Materials and Device Physics", Springer, 2013
- X. Wang, Z.M. Wang (Eds), "Nanoscale Thermoelectrics", Springer, 2014
- S. Datta, "Quantum Transport: Atom to Transistor", Cambridge University Press, Nueva York, 2005
- Artículos científicos seleccionados

ENLACES RECOMENDADOS

www.nanohub.org

www.pveducation.org

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral (Clases teóricas-expositivas). Para transmitir los contenidos de las materias del módulo motivando al alumnado a la reflexión, facilitándole el descubrimiento de las relaciones entre diversos conceptos y formándole una mentalidad crítica.
- MD02 Actividades prácticas (Clases prácticas). Para desarrollar en el alumnado las habilidades instrumentales de la materia.
- MD03 Seminarios. Para desarrollar en el alumnado las competencias cognitivas y procedimentales de la materia.
- MD04 Tutorías académicas: Para orientar al trabajo autónomo y grupal del alumnado, profundizar en distintos aspectos de la materia y orientar la formación académica integral del estudiante.
- MD05 Estudio y trabajo autónomo del alumnado. Para favorecer en el estudiante la capacidad para autorregular su aprendizaje, planificándolo, diseñándolo, evaluándolo y adecuándolo a sus especiales condiciones e intereses.
- MD06 Estudio y trabajo en grupo. Para favorecer en los estudiantes la generación e intercambio de ideas, la identificación y análisis de diferentes puntos de vista sobre una

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): DC5C242D6F52C2E95F79D8E832792F42 Pág. 6 de 8

temática, la generalización o transferencia de conocimiento y la valoración crítica del mismo.

EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

EVALUACIÓN ORDINARIA

Con objeto de evaluar la adquisición de los contenidos y competencias a desarrollar en la materia, se utilizará un sistema de evaluación diversificado y continuo, seleccionando las técnicas de evaluación más adecuadas en cada momento, que permita poner de manifiesto los diferentes conocimientos y capacidades adquiridos por el estudiante al cursar la asignatura. En particular se utilizarán las siguientes técnicas evaluativas :

- Realización de exámenes parciales o final sobre los contenidos de la asignatura y/o de las actividades de resolución de problemas propuestas por el profesor (10%).
- Trabajo de práctica experimental (medida de la curva I-V en células solares) 15%.
- Seguimiento del trabajo de prácticas computacionales de los estudiantes. Evaluación de las entregas de los informes/memorias realizadas por los estudiantes 30%.
- Exposición oral y defensa en los seminarios de los trabajos realizados por el estudiantado de forma autónoma durante el curso sobre los contenidos de la materia 45%.

La calificación numérica global corresponderá a la puntuación ponderada de las calificaciones correspondientes a cada una de las partes.

Todo lo relativo a la evaluación se regirá por la Normativa de evaluación y calificación de los estudiantes vigente en la Universidad de Granada.

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

La evaluación extraordinaria consistirá en tres pruebas correspondientes a los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura. En particular consistirá en:

- Un único examen sobre la totalidad de los contenidos teóricos de la asignatura teniendo éste una valoración del 40% de la calificación global de la asignatura.
- Una sesión práctica de evaluación en la que se realizarán dos ejercicios de simulación relacionados con los contenidos de las prácticas con una valoración del 30% de la calificación global de la asignatura.
- La elaboración y exposición de un trabajo final de la materia sobre una temática fijada de antemano con una valoración de un 30 % de la calificación global de la asignatura.

Para aprobar la asignatura será imprescindible superar de forma independiente cada una de las partes con una calificación de al menos 5 sobre 10. La calificación numérica global corresponderá, en ese caso, a la puntuación ponderada de las calificaciones parciales. En caso de no superar independientemente cada una de las partes, la calificación obtenida será el resultado de multiplicar la mejor de estas calificaciones por un coeficiente 0.4.

Todo lo relativo a la evaluación se regirá por la Normativa de evaluación y calificación de los estudiantes vigente en la Universidad de Granada.

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/ 06/05/2026 - 11:02
Código seguro de verificación (CSV): DC5C242D6F52C2E95F79D8E832792F42 Pág. 7 de 8

La evaluación única consistirá en dos pruebas correspondientes a los contenidos teóricos, por una parte, y prácticos, por otra, de la asignatura.

- Para la parte teórica se realizará un único examen sobre la totalidad de los contenidos teóricos de la asignatura, teniendo éste una valoración del 65% de la nota de la calificación global de la asignatura.
- Para la parte práctica se realizará un único examen en el que se realizarán dos ejercicios de simulación relacionados con los contenidos de las prácticas con una valoración de un 35 % de la calificación global de la asignatura.

Para aprobar la asignatura será imprescindible superar (obteniendo una calificación de al menos 5 sobre 10) de forma independiente las pruebas de la parte teórica y la parte práctica. La calificación numérica global corresponderá, en ese caso, a la media ponderada de las calificaciones correspondientes a la parte teórica y la parte práctica. En caso de no superar independientemente la parte teórica y la parte práctica, la calificación obtenida será el resultado de multiplicar la mejor de estas dos calificaciones por un coeficiente 0.4.

Todo lo relativo a la evaluación se regirá por la Normativa de evaluación y calificación de los estudiantes vigente en la Universidad de Granada.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): Gestión de servicios y apoyos (https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad).

Firma (1): Universidad de Granada
CIF: Q1818002F

Firmado electrónicamente según arts. 15, 17 y 41.1 del Reglamento de Adm. Electrónica de la Universidad de Granada (BOJA nº 85 de 6 de mayo de 2021)
Este documento firmado digitalmente puede verificarse en https://sede.ugr.es/verifirma/
Código seguro de verificación (CSV): DC5C242D6F52C2E95F79D8E832792F42
06/05/2026 - 11:02
Pág. 8 de 8