



GUÍA DE APRENDIZAJE

BIOFOTÓNICA

GRADO EN INGENIERIA BIOMEDICA

CURSO ACADÉMICO
2026-27CÓDIGO
95000352CURSO
4CRÉDITOS
4 ECTSCARÁCTER
OPTATIVASEMESTRE
**SEGUNDO
SEMESTRE**IDIOMA
ESPAÑOLCENTRO RESPONSABLE
E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIONDEPARTAMENTO RESPONSABLE
TECNOLOGÍA FOTÓNICA Y BIOINGENIERÍA

COORDINADOR/A

PALOMA RODRÍGUEZ HORCHE - p.rhorche@upm.es

REQUISITOS OBLIGATORIOS

ASIGNATURAS REQUERIDAS

CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS

ASIGNATURAS RECOMENDADAS

- SISTEMAS Y SEÑALES (95000318)
- FÍSICA (95000301)
- FÍSICA II (95000309)

OTRAS RECOMENDACIONES

Laboratorio de Bioinstrumentación

RESULTADOS

RD-1393/2007

Resultados de aprendizaje

- RA102** Conocer la instrumentación fotónica básica utilizada en aplicaciones biomédicas, así como saber su manejo experimental a la medicina
- RA104** Seleccionar de forma adecuada la fuente de luz así como otros componentes ópticos, según la aplicación médica
- RA101** Adquirir un conocimiento general de los principios básicos de la fotónica aplicada a la medicina
- RA103** Conocer los fenómenos relacionados con la interacción de la luz con los tejidos orgánicos

Competencias

- CG10** Formular, diseñar y elaborar proyectos siendo capaz de liderar grupos de trabajo y buscar en distintas fuentes de información e integrar nuevos conocimientos en su investigación
- CE14** Comprender los principios de la metodología científica; capacidad para su aplicación a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería.
- CG01** Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza.
- CG12** Tener capacidad de iniciativa, integración, colaboración y potenciación de la discusión crítica en el ámbito del trabajo en equipo.
- CE11** Calcular y representar gráficamente los parámetros más relevantes de un experimento utilizando funciones matemáticas.
- CE12** Saber buscar, obtener e interpretar la información de las principales bases de datos biomédicas y bibliográficos.
- CE38** Conocer los principios y las técnicas de medida de las magnitudes más relevantes en Ingeniería Biomédica.
- CG09** Tener capacidad de descripción, cuantificación, análisis y evaluación de resultados experimentales.
- CG13** Ser capaz de colaborar con grupos internacionales, interdisciplinarios y multiculturales.

CG03

Ser capaz de manejar todas las tecnologías de la información y las comunicaciones.

DESCRIPCIÓN

La **Biofotónica** es un término que engloba la biología, rama de las ciencias naturales que estudia las leyes de la vida, y la fotónica, es decir, la ciencia y la tecnología centradas en la generación, la manipulación y la detección de luz, cuya partícula elemental cuántica es el fotón. Esta asignatura pretende ser una introducción a los fundamentos de la Biofotónica y de la instrumentación asociada a los fenómenos relacionados con la generación de luz coherente, la transmisión por los componentes ópticos tales como lentes y fibras ópticas, la modulación y la detección de la luz. Se repasarán las diferentes teorías de la luz incluyendo rayos y ondas ópticas y se estudiarán conceptos como la dispersión, la interferencia y la difracción, que permitirá entender con mayor profundidad los fundamentos físicos en los que se asientan la mayoría de las aplicaciones de la Biofotónica.

Por otro lado, la Biofotónica implica la comprensión de cómo interactúa la luz con la materia biológica, desde las moléculas y células a los tejidos e incluso organismos enteros. Por ello se introducirán los mecanismos fundamentales de la interacción de la luz con la materia biológica, haciendo especial hincapié en los fenómenos de absorción, dispersión y fluorescencia. En esta asignatura se plantearán las diferentes aplicaciones de los láseres en medicina en entornos terapéuticos, diagnósticos o quirúrgicos. La luz se puede utilizar, por ejemplo, para sondear eventos biomoleculares, tales como la interacción proteína-proteína. La distribución espacial y temporal de los constituyentes bioquímicos también puede ser visualizada con la luz y, por lo tanto, se pueden analizar en tiempo real la dinámica fisiológica correspondiente en las células vivas, tejidos y organismos. La luz con ciertas características, también se puede utilizar para alterar las propiedades y el comportamiento de la materia biológica, tales como para dañar las células cancerosas. Actualmente, la luz procedente de un láser es profusamente empleada en cirugía y en diversos tipos de terapia. A lo largo del curso se analizarán algunas de estas aplicaciones. Otro campo de especial relevancia en la Biofotónica es el relacionado con la creación de imágenes, tanto macroscópicas como microscópicas. Tal vez sea ésta el área más conocida de la Biofotónica y en la que nos podemos encontrar mayor variedad de técnicas y fenómenos implicados. Podemos encontrar espectroscopia de imágenes biológicas, Imágenes basadas en el tiempo de vida, Microscopía confocal, Microscopía Fluorescente de excitación de dos-fotones, imágenes de campo cercano, microscopía no lineal, Tomografía óptica coherente (OCT), Tomografía óptica difusa (DOT), tomografía fotoacústica, correlometría speckle, y otras muchas más. Algunas de estas técnicas se tratan en otras asignaturas de la titulación, por lo que aquí sólo se pretende ofrecer una panorámica de las diferentes formas de obtener imágenes en diferentes campos de aplicación.

Se utilizarán **lecciones magistrales** presenciales para presentar el temario propuesto en la siguiente sección. Además de éstas, se empleará la metodología de **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)**. Estos proyectos se desarrollarán en grupo y consistirán en el desarrollo de un trabajo que implicará el diseño, montaje y caracterización de algún dispositivo biofotónico sencillo.

En caso puntuales y por motivos justificados, el proyecto también podrá ser bibliográfico (sobre técnicas y dispositivos biofotónicos que expandan y profundicen los temas vistos en las clases magistrales) o desarrollo de un ejercicio experimental. Con esto se pretende que el alumno aprenda de forma autónoma a profundizar en un determinado tema. También, lo que se persigue aquí es generar una metodología adecuada para que el alumno aprenda a diferenciar el tipo de información que se puede encontrar en internet y sepa utilizar como fuentes de información las publicaciones científico-técnicas fiables.

Por ejemplo, un proyecto puede ser el diseño y realización práctica de un **pulso-oxímetro**

- Principio de medida del pulso y el oxígeno en sangre
- Medida y tratamiento de la señal para la obtención del pulso y la concentración de oxígeno en sangre mediante un sistema de adquisición basado en LabVIEW o programas similares.

Los alumnos deberán hacer varias entregas sobre este trabajo a lo largo del curso, y finalmente deberán hacer una entrega final y una presentación frente al resto de sus compañeros.

El desarrollo del proyecto se realizará en sesiones de laboratorio donde se les facilitará todo el material necesario para la implementación del proyecto seleccionado.

TEMARIO

1. Introducción a la Biofotónica

2. Introducción al desarrollo de proyectos

3. Principios Fundamentales de la Fotónica

3.1. Teorías asociadas a la luz: Óptica de rayos, de ondas, electromagnética y cuántica

3.2. Interacción radiación-materia

4. Instrumentación biofotónica básica

4.1. Fuentes de luz: Láseres y LEDs

4.2. Detectores de luz

4.3. Guía de ondas y fibras ópticas

4.4. Componentes ópticos interferométricos

5. Interacción de la luz con el material biológico y los tejidos

5.1. Transporte de luz en el tejido

5.2. Efectos fotoquímico, térmico, Fotoablación y Fotodisrupción

6. Desarrollo del proyecto seleccionado



ACTIVIDADES

Actividad evaluable Actividad formativa

Tema 1: Introducción a la Biofotónica

SEMANAS
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
02h 00m

LUGAR
Aula (en horario)

GRUPO
Normal

METODOLOGÍA
Lección Magistral

Propuesta de desarrollo del Proyecto

SEMANAS
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
02h 00m

LUGAR
Laboratorio

GRUPO
Reducido

TEMAS
T3

METODOLOGÍA
Prácticas de Laboratorio

Desarrollo del Proyecto

SEMANAS
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
20h 00m

LUGAR
Laboratorio

GRUPO
Reducido

TEMAS
T6

METODOLOGÍA
Prácticas de Laboratorio

Tema 2: Principios Fundamentales de la Fotónica

SEMANAS
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
02h 45m

LUGAR
Aula (en horario)

GRUPO
Normal

TEMAS
T3

METODOLOGÍA
Lección Magistral

 Tema 3: Instrumentación biofotónica básica		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	04h 00m	Aula (en horario)	Normal														
TEMAS T3																	
METODOLOGÍA Lección Magistral																	

 Tema 4: Interacción de la luz con el material biológico y los tejidos		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	04h 15m	Aula (en horario)	Normal														
TEMAS T5																	
METODOLOGÍA Lección Magistral																	

 seguimiento del proyecto		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	GRUPO															
No presencial, con docente	03h 00m	Reducido															
TEMAS T6																	
METODOLOGÍA Aprendizaje basado en proyectos Tutorías grupales																	

 Entrega resultados de la práctica realizada y/o del progreso del trabajo desarrollado		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA												
Presencial	00h 01m	Laboratorio	Progresiva	20%	4												
TEMAS T2																	
METODOLOGÍA Otras técnicas Presentación en Grupo de Laboratorio																	
RESULTADOS EVALUADOS RA101 RA102 RA103 CE38 CE11 CE12 CE14 CG01 CG03 CG09 CG10 CG12 CG13 RA104																	

Entrega del trabajo realizado a lo largo del curso				SEMANAS																
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA															
Presencial	00h 01m	Aula (en horario)	Progresiva	30%	5															
TEMAS																				
T6																				
METODOLOGÍA																				
Trabajo en Grupo																				
RESULTADOS EVALUADOS																				
CG01 CG03 CG09 CG10 CG12 CG13 CE11 CE12 CE14 CE38 RA101 RA102 RA103 RA104																				

Presentación de trabajos por grupos y discusión con el resto de compañeros. Asistencia obligatoria a todas las presentaciones.				SEMANAS																
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA															
Presencial	01h 00m	Otro	Progresiva	25%	4															
METODOLOGÍA																				
Presentación en Grupo Proyecto en grupo																				
RESULTADOS EVALUADOS																				
CG03 CG09 CG10 CG12 CG13 CE11 CE12 CE14 CE38 RA101 RA102 RA103 CG01 RA104																				

Examen final escrito				SEMANAS																
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA															
Presencial	00h 10m	Aula (en horario)	Progresiva	25%	5															
METODOLOGÍA																				
Examen Escrito																				
RESULTADOS EVALUADOS																				
CE11 CE14 CE38 RA101 RA102 RA103 CG01 RA104																				



Examen final escrito

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

EVALUACIÓN

PONDERACIÓN

NOTA MÍNIMA

Presencial

02h 00m

Aula de examen

Global, Extraordinaria

50%

5

TEMAS

T1

T3

T4

T5

METODOLOGÍA

Examen Escrito

RESULTADOS EVALUADOS

CG01

CG03

CG09

CG10

CG12

CG13

CE11

CE12

CE14

CE38

RA101

RA102

RA103

RA104

Entrega de Trabajo

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

EVALUACIÓN

PONDERACIÓN

NOTA MÍNIMA

No presencial, sin docente

00h 01m

Global, Extraordinaria

50%

5

TEMAS

T1

T3

T4

T5

T6

METODOLOGÍA

Trabajo Individual

RESULTADOS EVALUADOS

RA101

RA102

RA103

CE11

CE38

CE12

CE14

CG01

CG03

CG09

CG10

RA104

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Actividad evaluable Actividad formativa Semana con actividad Período de exámenes

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
Tema 1: Introducción a la Biofotónica	.															
Propuesta de desarrollo del Proyecto		.														
Desarrollo del Proyecto		.	.	.							.	.	.	.		
Tema 2: Principios Fundamentales de la Fotónica					.											
Tema 3: Instrumentación biofotónica básica						.			.							

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
 Tema 4: Interacción de la luz con el material biológico y los tejidos									.	.						
 seguimiento del proyecto					.	.			.	.						
 Entrega resultados de la práctica realizada y/o del progreso del trabajo desarrollado									.							
 Entrega del trabajo realizado a lo largo del curso															.	
 Presentación de trabajos por grupos y discusión con el resto de compañeros. Asistencia obligatoria a todas las presentaciones.															.	
 Examen final escrito															.	
 Examen final escrito																.
 Entrega de Trabajo																.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios Generales

Evaluación progresiva

La calificación final vendrá dada por varias notas, que vienen a evaluar los distintos aspectos de la asignatura: entrega del trabajo, su presentación y evaluación del conocimiento adquirido.

En lo que respecta al proyecto se evaluará el diseño realizado, la documentación entregada y la calidad de la presentación.

Sobre la documentación entregada se valorará el contenido y las fuentes en las que se han basados las y los estudiantes para su realización.

También, se valorará la presentación del documento y su organización.

Sobre la presentación oral, se valorarán los contenidos y su forma de presentarlos. Se valorará la metodología de la presentación (estructura y organización), así como el uso del lenguaje técnico y la capacidad de síntesis de las

conclusiones. También se tendrá en cuenta que los oradores empleen adecuadamente el tiempo disponible para su presentación.

Evaluación Global

La evaluación Global estará formada por la realización y presentación de un trabajo individual y una prueba final escrita sobre los contenidos teóricos explicados en las clases magistrales.

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura y se realizarán en la fecha indicada por Jefatura e Estudios

Convocatoria extraordinaria

La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará exclusivamente a través del sistema de prueba final y presentación del trabajo.

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Evaluación progresiva

Criterios de evaluación

Se realizará un seguimiento del progreso del estudiantado en el desarrollo de su proyecto/prácticas

Actividades

- Entrega resultados de la práctica realizada y/o del progreso del trabajo desarrollado (20%)
- Entrega del trabajo realizado a lo largo del curso (30%)
- Presentación de trabajos por grupos y discusión con el resto de compañeros. Asistencia obligatoria a todas las presentaciones. (25%)
- Examen final escrito (25%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Prueba global

Criterios de evaluación

Se realizará un examen escrito sobre todos los temas impartidos a lo largo del curso y se evaluará la realización de un trabajo previamente pactado con el estudiante.

Actividades

- Examen final escrito (50%)
- Entrega de Trabajo (50%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Extraordinaria**Criterios de evaluación**

Se realizará un examen escrito sobre todos los temas impartidos a lo largo del curso y se evaluará la realización de un trabajo previamente pactado con el estudiante.

Actividades

- Examen final escrito (50%)
- Entrega de Trabajo (50%)

RECURSOS**Web**

Documentación específica del curso

Se pondrá a disposición de los alumnos de la asignatura la documentación necesaria para el correcto seguimiento de la misma.

Documentación de prácticas y material de laboratorio

Guión de prácticas para realizar las mismas que incluirá cuestiones sobre las medidas y experimentos realizados.

Equipamiento

Laboratorio de Biofotónica

Se realizarán prácticas o desarrollo de un proyecto con el equipamiento disponible en el departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería.

Componentes ópticos específicos para el desarrollo del proyecto

Se dotará del material de laboratorio y componentes necesarios para la implementación del dispositivo desarrollado: 1. x2 LED Rojo: Kingbright, $\lambda = 660 \text{ nm}$, $V_f = 1,85 \text{ V}$, 30° . Código RS: 247-1713 2. x2 LED IR: ROHM, $V_f = 1.6 \text{ V}$, $\lambda = 950 \text{ nm}$, $\pm 15^\circ$. Código RS: 178-0575 3. Fotodetector + Amplificador Transimpedancia (TIA): Texas Instruments OPT101, IR + UV. Código RS: 197-7465 4. Microcontrolador: FireBeetle 2 Board ESP32-E. Código RS: 247-3219 5. Breadboard y resistencias de 220Ω

Bibliografía

Gerd Keiser. Biophotonics, Concepts to Applications. Springer 2016

Bibliografía básica

Biomedical Photonics Handbook, Second Edition. Editado por Tuan Vo-Dinh. CRC Press. 2014

Bibliografía complementaria

David A. Boas, Constantinos Pitris, Nimmi Ramanujam. Handbook of Biomedical Optics. CRC Press. 2011

Bibliografía complementaria

Jeong-Yeol Yoon. Introduction to Biosensors: From Electric Circuits to Immunosensors. Springer Science+Business Media New York 2013

Bibliografía complementaria

Shuichi Kinoshita. Bionanophotonics: An Introductory Textbook. Pan Stanford 2013

Bibliografía complementaria

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Salud y bienestar



Educación de calidad



Trabajo decente y crecimiento económico



Industria, innovación e infraestructura



Alianzas para lograr los objetivos

OTRA INFORMACIÓN

La asignatura **Biofotónica** contribuye a los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas de distintas formas. Por una parte, contribuye al Objetivo 3: Salud y Bienestar, ya que las técnicas y dispositivos estudiados en la asignatura son usados en la prevención y tratamiento de distintas enfermedades y lesiones. En particular, está relacionada con el ODS3, objetivos 3.1, 3.2, 3.8, 3.9 y 3.d. Por otra parte, la parte experimental de la asignatura consiste en el diseño y realización práctica de circuitos electrónicos con dispositivos biofotónicos basados en plataformas de código y hardware abierto, y se anima a los alumnos a que publiquen sus resultados siguiendo esta filosofía. Por esta razón la asignatura contribuye a los ODS Objetivo 4: Educación y sus subobjetivos 4.4 y 4.7, mejorando las competencias profesionales y técnicas e inculcando en los alumnos el desarrollo y compartición de conocimiento para promover un desarrollo sostenible. La publicación de los resultados en plataformas abiertas ayuda a aumentar el acceso a las TIC en los países menos adelantados lo que está directamente relacionado con el ODS9, objetivos 9.a, 9.b y 9.c, y ODS17, objetivos 17.6 y 17.7.