



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de
Telecomunicacion

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

95000352 - Biofotónica

PLAN DE ESTUDIOS

09BM - Grado En Ingenieria Biomedica

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	95000352 - Biofotónica
No de créditos	4 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Cuarto curso
Semestre	Octavo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	09BM - Grado en Ingeniería Biomedica
Centro responsable de la titulación	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
Curso académico	2022-23

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Paloma Rodriguez Horche (Coordinador/a)	B-117	p.rhorche@upm.es	Sin horario. Cualquier hora concertando cita previa
Antonio Perez Serrano	B-101	antonio.perez.serrano@upm. es	Sin horario. Cualquier hora concertando cita previa

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías

con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Sistemas Y Señales
- Física
- Física II

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería Biomedica no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

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.

CE14 - Comprender los principios de la metodología científica; capacidad para su aplicación a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería.

CE38 - Conocer los principios y las técnicas de medida de las magnitudes más relevantes en Ingeniería Biomédica.

CG01 - Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza.

CG03 - Ser capaz de manejar todas las tecnologías de la información y las comunicaciones.

CG09 - Tener capacidad de descripción, cuantificación, análisis y evaluación de resultados experimentales.

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

CG12 - Tener capacidad de iniciativa, integración, colaboración y potenciación de la discusión crítica en el ámbito del trabajo en equipo.

CG13 - Ser capaz de colaborar con grupos internacionales, interdisciplinarios y multiculturales.

CG15 - Transmitir la información adquirida, las ideas, los problemas y las soluciones de forma oral y escrita en castellano e inglés.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA101 - Adquirir un conocimiento general de los principios básicos de la fotónica aplicada a la medicina

RA102 - Conocer la instrumentación fotónica básica utilizada en aplicaciones biomédicas, así como saber su manejo experimental a la medicina

RA103 - Conocer los fenómenos relacionados con la interacción de la luz con los tejidos orgánicos

RA104 - Seleccionar de forma adecuada la fuente de luz así como otros componentes ópticos, según la aplicación médica

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

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 pareja y consistirán en el desarrollo de un trabajo que puede 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 pero que al mismo tiempo interactúe con su compañero y profundicen en un 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. Es decir, se pretende que el alumno tenga un primer acercamiento a las fuentes bibliográficas en publicaciones científico-técnicas de calidad. Los temas para los trabajos son generalmente propuestos por los profesores, estos son algunos ejemplos:

- Biosensores ópticos
- Herramientas miniaturizadas de análisis, Lab-on-a-Chip
- Técnicas espectroscópicas usadas en biomedicina
- Técnicas de Bioimagen (Bioimaging)
- Tomografía de coherencia óptica (OCT)

- Endoscopía
- Pulso-oximetría con más de 2 longitudes de onda
- Técnicas microscópicas
- Microscopía CARS (Coherent Anti-Stokes Raman Scattering)
- Cirugía láser
- Terapia fotodinámica
- Pinzas ópticas y sus aplicaciones biomédicas

- Fotobiomodulación

También se ofrece la posibilidad que el alumno proponga algún tema que sea de su interés. 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, que son los elementos que se evaluarán. Además, los profesores estarán disponibles para discutir sobre los proyectos ofreciendo tutorías a los grupos bajo demanda.

En paralelo al desarrollo del proyecto, y dependiendo de los temas seleccionados, se ofertarán unas **prácticas de laboratorio**, cuyos objetivos son asentar algunos de los conceptos estudiados teóricamente y formar al alumno en el manejo de la instrumentación biofotónica básica. Algunas de las prácticas a realizar podrían ser:

Prácticas de Laboratorio

Práctica 1: Componentes ópticos básicos

- Alineamiento óptico de componentes
- Fundamentos de la propagación de la luz
- Propagación de la radiación láser en medios confinados y no confinados.

Práctica 2: Experimentos de absorción

- Medir la absorbencia de una solución específica
- Determinar a partir de la ley de Beer, el coeficiente de absorción característico de una mezcla orgánica de colorante / agua.

Práctica 3: Experimentos de atenuación y scattering

- Atenuación y scattering de un haz láser rojo pasando por diferentes medios (plástico transparente, contenedor de agua y agua con una pequeña cantidad de partículas no solubles en agua).

Práctica 4: El 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.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción a la Biofotónica
2. Principios Fundamentales de la Fotónica
 - 2.1. Óptica geométrica
 - 2.2. Óptica de ondas
 - 2.3. Óptica electromagnética
 - 2.4. Óptica cuántica
 - 2.5. Interacción radiación-materia
3. Instrumentación biofotónica básica
 - 3.1. Fuentes de luz: Láseres y LEDs
 - 3.2. Detectores de luz
 - 3.3. Guía de ondas y fibras ópticas
 - 3.4. Componentes ópticos interferométricos
4. Interacción de la luz con el material biológico y los tejidos
 - 4.1. Transporte de luz en el tejido
 - 4.2. Efectos fotoquímico, térmico, Fotoablación y Fotodisrupción

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Tema 1: Introducción a la Biofotónica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Tema 2: Principios Fundamentales de la Fotónica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	Tema 2: Principios Fundamentales de la Fotónica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	Tema 2: Principios Fundamentales de la Fotónica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	Tema 3: Instrumentación biofotónica básica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	Tema 3: Instrumentación biofotónica básica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	Tema 4: Interacción de la luz con el material biológico y los tejidos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
8	Tema 4: Interacción de la luz con el material biológico y los tejidos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
9		Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Presentación de resultados de la práctica realizada y/o del progreso del trabajo desarrollado OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:10
10		Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Presentación de resultados de la práctica realizada y/o del progreso del trabajo desarrollado OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:10

11		Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Presentación de resultados de la práctica realizada y/o del progreso del trabajo desarrollado OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:10
12		Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Presentación de resultados de la práctica realizada y/o del progreso del trabajo desarrollado OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:10
13		Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
14		Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Entrega del trabajo realizado a lo largo del curso TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:10
15	Presentación de trabajos. Se ha programado dos sesiones para la presentación de los resultados de los trabajos en grupo. La asistencia es obligatoria Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas			Presentación de trabajos por grupos y discusión con el resto de compañeros. Asistencia obligatoria a todas las presentaciones. PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 04:00
16				
17				Examen final escrito EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
9	Presentación de resultados de la práctica realizada y/o del progreso del trabajo desarrollado	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:10	10%	0 / 10	CE11 CE12 CG09 CG12 CG13 CG15 CE38
10	Presentación de resultados de la práctica realizada y/o del progreso del trabajo desarrollado	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:10	10%	0 / 10	CE11 CE12 CG09 CG12 CG13 CG15 CE38
11	Presentación de resultados de la práctica realizada y/o del progreso del trabajo desarrollado	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:10	10%	0 / 10	CE11 CE12 CG09 CG12 CG13 CG15 CE38
12	Presentación de resultados de la práctica realizada y/o del progreso del trabajo desarrollado	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:10	10%	0 / 10	CE11 CE12 CG09 CG12 CG13 CG15 CE38
14	Entrega del trabajo realizado a lo largo del curso	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:10	35%	5 / 10	CG01 CE11 CE12 CG03 CG09 CG10 CG12 CG13 CG15 CE14 CE38

15	Presentación de trabajos por grupos y discusión con el resto de compañeros. Asistencia obligatoria a todas las presentaciones.	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	04:00	25%	5 / 10	CG01 CE11 CE12 CG03 CG09 CG10 CG12 CG13 CG15 CE14 CE38
----	--	--	------------	-------	-----	--------	--

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
14	Entrega del trabajo realizado a lo largo del curso	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:10	35%	5 / 10	CG01 CE11 CE12 CG03 CG09 CG10 CG12 CG13 CG15 CE14 CE38
15	Presentación de trabajos por grupos y discusión con el resto de compañeros. Asistencia obligatoria a todas las presentaciones.	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	04:00	25%	5 / 10	CG01 CE11 CE12 CG03 CG09 CG10 CG12 CG13 CG15 CE14 CE38
17	Examen final escrito	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	5 / 10	CG01 CE11 CE12 CG03 CG09 CG10 CG12 CG13 CG15 CE14 CE38

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

La calificación final vendrá dada por varias notas, que vienen a evaluar los distintos aspectos de la asignatura: entrega del trabajo y su presentación (60%) y realización de la prácticas y entrega de sus respectivos informes (40%).

En lo que respecta al trabajo se evaluará la documentación entregada (35% del total) y la presentación (25% del total). Sobre la documentación entregada se valorará el contenido y las fuentes en las que se han basados los alumnos para su realización, también se valorará la presentación del documento y su organización. Sobre la presentación, se valorarán los contenidos y su forma de presentarlos. Se valorará una buena estructura y organización de la presentación, 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 y no lo excedan.

Los estudiantes serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. El estudiante que desee renunciar a la evaluación continua y optar a la evaluación por prueba final (formada por una o más actividades de evaluación global de la asignatura), deberá comunicarlo por escrito al coordinador de la asignatura antes de finalizar la cuarta semana del curso. La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación mediante prueba final usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación continua (EX, ET, TG, etc.), y se realizarán en las fechas y horas de evaluación final aprobadas por la Junta de Escuela para el presente curso y semestre, salvo aquellas actividades de evaluación de resultados del aprendizaje de difícil calificación en una prueba final. En este caso, se podrán realizar dichas actividades de evaluación a lo largo del curso. La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará exclusivamente a través del sistema de prueba final.

Tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria, en evaluación continua o por prueba final, la realización del trabajo y las prácticas propuestas es obligatoria.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Documentación específica del curso	Recursos web	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	Recursos web	Guión de prácticas para realizar las mismas que incluirá cuestiones sobre las medidas y experimentos realizados.
Laboratorio de Biofotónica	Equipamiento	Se realizarán prácticas con el equipamiento disponible en el departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería.
Gerd Keiser. Biophotonics, Concepts to Applications. Springer 2016	Bibliografía	Bibliografía básica
Biomedical Photonics Handbook, Second Edition. Editado por Tuan Vo-Dinh. CRC Press. 2014	Bibliografía	Bibliografía complementaria
David A. Boas, Constantinos Pitris, Nimmi Ramanujam. Handbook of Biomedical Optics. CRC Press. 2011	Bibliografía	Bibliografía complementaria
Jeong-Yeol Yoon. Introduction to Biosensors: From Electric Circuits to Immunosensors. Springer Science+Business Media New York 2013	Bibliografía	Bibliografía complementaria
Shuichi Kinoshita. Bionanophotonics: An Introductory Textbook. Pan Stanford 2013	Bibliografía	Bibliografía complementaria

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

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.