



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 Ingeniería Biomedica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - 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.....	11
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000352 - Biofotónica
<b>No de créditos</b>	4 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Cuarto curso
<b>Semestre</b>	Octavo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09BM - Grado en Ingeniería Biomedica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación
<b>Curso académico</b>	2020-21

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

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

RA102 - Conocer la instrumentación fotónicas 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

## 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. Nos podemos encontrar espectroscopia de imágenes biológicas, Imágenes basadas en el tiempo de vida, Microscopia confocal, Microscopia Fluorescente de excitación de dos-fotones, imágenes de campo cercano, microscopia 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

Además de las usuales clases magistrales, en la parte práctica de la asignatura se empleará la metodología de **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)**. Estos proyectos se desarrollarán en grupos y consistirán en el desarrollo de un prototipo, enmarcado dentro de la electrónica/fotónica de consumo, de un sensor biofotónico. Se pretende como novedad este año y dentro de las actividades de innovación educativa que desarrolla el departamento, el uso de la metodología de **Aprendizaje Basado en Investigación (ABI)**. El ABI es un enfoque por el cual los estudiantes participan activamente en la investigación mediante actividades en las que llevan a cabo investigaciones o participan en auténticos procesos de investigación junto o bajo la supervisión del personal investigador de la universidad o centro. Este puede incluir el desarrollo de las habilidades de investigación de los estudiantes a través de cursos sobre métodos de investigación, o métodos de ABP, e incluir casos reales de análisis y solución. Aunque existen diferentes interpretaciones y modelos de ABI, todos ellos comparten un énfasis en la adquisición activa de habilidades y conocimientos a través de la investigación.

En paralelo al desarrollo del proyecto, se ofertarán una serie de seminarios y prácticas de laboratorio con distintas finalidades. Por un lado, se pretenderá asentar algunos de los conceptos estudiados teóricamente. Por otro lado, se pretende formar al alumno en el manejo de la instrumentación biofotónica básica. Por último, se pretende introducir mediante seminarios la metodología del ABI, en concreto que alumno conozca que investigación se realiza en la escuela en el campo de la biofotónica y fotónica en general. Pero especialmente, a estas alturas del grado, el objetivo de introducir el ABI en la asignatura 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.

Tanto el temario teórico como las prácticas, que se proponen a continuación, son únicamente orientativas ya que se pretende que el alumno aprenda dando solución al proyecto planteado. La idea es adaptar los contenidos teórico-prácticos, en todo lo posible, a las necesidades individuales de cada alumno con el objetivo final de desarrollar de un dispositivo en el que se tengan que aplicar diferentes campos de la Ingeniería con especial foco en la **Biofotónica**. Algunas de las prácticas y seminarios a realizar podrían ser:

### Prácticas de Laboratorio y Seminarios

#### **Seminario 1:** Nociones básicas sobre electrónica de consumo para aplicaciones biomédicas

- Componentes electrónicos básicos
- Manejo de plataformas electrónicas de código abierto (tipo Arduino)

#### **Seminario 2:** Métodos y técnicas de investigación en fotónica

- Uso de recursos bibliográficos y redes sociales científicas
- Ética e integridad en la investigación
- Las líneas de investigación que se están desarrollando actualmente en la ETSIT
- Distintas opciones para desarrollar una carrera investigadora (becas y proyectos)

#### **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 son solubles en agua).

**Práctica 4:** Experimentos de reflexión difusa

- Medida de la reflexión difusa de la luz roja procedente de un láser de He-Ne sobre la piel.

El temario que se detalla a continuación es orientativo y se adaptará a las necesidades de los distintos proyectos que se vayan a desarrollar.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. Principios Fundamentales de Óptica.

#### 1.1. Introducción

#### 1.2. Naturaleza de la luz y sus propiedades

### 2. Instrumentación biofotónica básica

#### 2.1. Guía de ondas y fibras ópticas en aplicaciones médicas

#### 2.2. Fuentes de luz coherentes y no coherentes

#### 2.3. Detectores ópticos

#### 2.4. Componentes ópticos interferométricos

### 3. Fundamentos esenciales de la Interacción Luz-Materia en Biofotónica

#### 3.1. Transporte de luz en el tejido: Absorción, dispersión

#### 3.2. Efectos fotoquímico, térmico, Fotoablación y Fotodisrupción

### 4. Aplicaciones Láser en Medicina



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1: 1. Principios Fundamentales de Óptica.</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 2: Instrumentación biofotónica básica</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>Tema 3: Fundamentos esenciales de la Interacción Luz-Materia en Biofotónica</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>Tema 4. Aplicaciones de los láseres en medicina</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5		<b>Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6		<b>Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Presentación de resultados de la práctica realizada</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:10
7		<b>Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
8		<b>Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Presentación de resultados de la práctica realizada</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:10
9		<b>Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		

10		Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Presentación de resultados de la práctica realizada OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:10
11		Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
12		Prácticas de laboratorio o reuniones para el desarrollo del Proyecto Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Presentación de resultados de la práctica realizada OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:10
13	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: 00:20
14				
15				
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 continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	Presentación de resultados de la práctica realizada	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:10	15%	0 / 10	CE14 CE38 CE11 CE12
8	Presentación de resultados de la práctica realizada	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:10	15%	0 / 10	CE11 CE12 CE14 CE38
10	Presentación de resultados de la práctica realizada	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:10	15%	0 / 10	CE11 CE12 CE14 CE38
12	Presentación de resultados de la práctica realizada	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:10	25%	0 / 10	CE11 CE12 CE14 CE38
13	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	00:20	30%	5 / 10	CE12 CE14 CE38 CG01 CG13 CG15 CG03 CG10 CG12 CG09

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
13	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	00:20	30%	5 / 10	CE12 CE14 CE38 CG01 CG13 CG15 CG03 CG10 CG12

							CG09
17	Examen final escrito	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	70%	5 / 10	CE11 CE12 CE14 CE38

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

La evaluación continua se realizará en base a la aportación del alumno en el diseño del dispositivo implementado las prácticas realizadas en el laboratorio y en la presentación pública del dispositivo diseñado.

La asistencia a las presentaciones será obligatoria y en la calificación se valorará el contenido técnico del trabajo, la capacidad para realizar un trabajo, y la correspondiente presentación, en grupo. También se valorará la participación del resto de compañeros en el turno de preguntas.

El alumno también puede optar por la realización de un examen teórico final, sobre el temario de la asignatura, en la fecha determinada por Jefatura de Estudios, junto con la elaboración y presentación pública de un trabajo cuya temática deberá ser acordada con el profesor. En este caso, la realización de las prácticas propuestas de laboratorio es obligatoria.

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 las 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 fina.

Tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria, en evaluación continua o por prueba final, la realización de 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.