



POLITÉCNICA

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

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

**95000036 - Comunicaciones opticas**

### PLAN DE ESTUDIOS

09TT - Grado En Ingenieria De Tecnologias Y Servicios De Telecomunicacion

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2018/19 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	13

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000036 - Comunicaciones opticas
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09TT - Grado en ingeniería de tecnologías y servicios de telecomunicacion
<b>Centro en el que se imparte</b>	09 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2018-19

## 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 (Coordinador/a)	B-117	p.rhorche@upm.es	Sin horario. Concertar cita previa
Francisco Jose Lopez Hernandez	B-120	francisco.lopez.hernandez@ upm.es	Sin horario. Concertar cita previa

Antonio Perez Serrano	B-101	antonio.perez.serrano@upm. es	Sin horario. Concertar cita previa
-----------------------	-------	----------------------------------	--

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

### 2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Manuel Caño García	manuel.c@upm.es	CEMDATIC

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Introduccion a la electronica
- Señales y sistemas
- Fisica general 2
- Teoria de la comunicacion
- Campos y ondas en telecomunicacion
- Sistemas de transmision

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Manejo de instrumentación electrónica básica (osciloscopio, multímetro,...)

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE-ST2 - Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación tanto en entornos fijos como móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía, radiodifusión, televisión y datos, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión

CE-ST3 - Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas

CE-ST5 - Capacidad para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos y la correspondiente gestión del espacio radioeléctrico y asignación de frecuencias

CG2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

CG8 - Comunicación oral y escrita

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA64 - Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas.

RA69 - Conocimientos de Infraestructuras de redes de comunicaciones, troncales, metropolitanas y de acceso, redes ópticas y técnicas empleadas en enlaces ópticos de alta tasa binaria.

RA321 - Capacidad de análisis de componentes ópticos pasivos y conocimientos para su selección

RA316 - Capacidad de manejar la instrumentación básica para la caracterización de sistemas de comunicaciones ópticas

RA323 - Capacidad de análisis de componentes ópticos de emisión y recepción de luz y conocimientos para su selección

RA317 - Conocimiento y comprensión de los conceptos de atenuación, dispersión y guiado de ondas en la fibra

óptica

RA63 - Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación tanto en entornos fijos como móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía, radiodifusión, televisión y datos, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.

RA66 - Conocimientos para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos

RA315 - Capacidad de analizar, diseñar y caracterizar redes de comunicaciones ópticas desde el punto de vista de los sistemas de transmisión

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura Comunicaciones Ópticas proporciona a los alumnos las herramientas necesarias para adquirir un conocimiento adecuado de los principales bloques que constituyen un sistema de comunicaciones ópticas, tanto desde el punto de vista de los componentes que lo integran (fibras ópticas, emisores de luz, amplificadores ópticos, fotodetectores y otros dispositivos fotónicos), como de las posibles arquitecturas en uso. Este enfoque incluye los principios básicos de la transmisión de señales ópticas y de la técnica de multiplexación en longitud de onda (WDM). Se hará especial énfasis en los conceptos de carácter general que están presentes en todo sistema de comunicaciones ópticas, tratando de que los conceptos aprendidos sigan siendo válidos en el futuro, con independencia de las soluciones particulares adoptadas en cada momento.

También, uno de los objetivos primordiales de la asignatura es ofrecer una formación experimental en los aspectos más fundamentales de las comunicaciones ópticas. Con esto, se pretende que el alumno adquiera experiencia en el manejo de los componentes más usuales y en la instrumentación asociada a la caracterización y medida de los sistemas ópticos de comunicación.

Así, combinando adecuadamente teoría y prácticas, el objetivo final de la asignatura es dotar al alumno de la capacidad de diseñar y analizar un sistema completo de comunicaciones ópticas y las partes en que se configura.

Para conseguir que los alumnos adquieran los conocimientos oportunos, el desarrollo de la asignatura se realizará bajo las siguientes modalidades:

1. CLASES DE TEORÍA: Se utilizará la lección magistral para la exposición verbal de los contenidos apoyándose

en los recursos facilitados a los alumnos a través de la plataforma Moodle y/o web del Departamento. Se emplearán técnicas de autoevaluación on-line para realizar un seguimiento de la correcta evolución del proceso de aprendizaje.

2. CLASES DE PROBLEMAS: Durante las clases presenciales, además de los desarrollos teóricos, el profesor propondrá problemas que el alumno deberá realizar como trabajo personal. Posteriormente, se resolverán en clase algunos de los ejercicios prácticos propuestos, con la participación activa de los alumnos, aclarando las dudas planteadas en la resolución de los problemas.

3. SEMINARIOS: En los casos que sea necesario, el profesor expondrá los conocimientos y habilidades específicas requeridos para el desarrollo de terminadas Prácticas Experimentales y se analizarán las técnicas de medida más apropiadas en cada casos. Con esto se pretende optimizar el trabajo del alumno en el laboratorio.

4. PRÁCTICAS DE LABORATORIO: En el laboratorio se desarrollan de forma práctica los conceptos impartidos en las clases presenciales. El alumno debe llevar preparados los conceptos teóricos sobre los que se basa la práctica correspondiente y leído el desarrollo de la misma.

5. TRABAJO EN GRUPO: Las prácticas de laboratorio se realizarán en grupos de 2 alumnos que deberán desarrollar un cuaderno de laboratorio en el que se reflejará tanto los resultados experimentales obtenidos como las técnicas de medida empleadas y el análisis de los resultados, relacionándolos con los conceptos involucrados en cada práctica. El profesor, discutirá y revisará con el grupo el desarrollo de la práctica, así como el análisis de los resultados realizado.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. Sistemas de Comunicaciones Ópticas. Conceptos Básicos

#### 1.1. Introducción a Sistemas de Comunicaciones Ópticas

#### 1.2. Relaciones Fundamentales sobre la luz

#### 1.3. Formatos de Modulación

#### 1.4. Balances de potencia y tiempo

#### 1.5. Técnicas de Multiplexación

#### 1.6. Redes ópticas

#### 1.7. Problemas

### 2. Elementos Ópticos

#### 2.1. Introducción

- 2.2. Elementos ópticos pasivos no selectivos en longitud de onda
- 2.3. Elementos ópticos pasivos selectivos en longitud de onda
- 2.4. Problemas
- 3. Fibra Óptica
  - 3.1. Parámetros característicos de fibras Monomodo y Multimodo
  - 3.2. Características de transmisión. Atenuación y Dispersión temporal
  - 3.3. Fibras de dispersión modificada
  - 3.4. Efectos no lineales
  - 3.5. Normativas sobre fibras ópticas
  - 3.6. Problemas
- 4. Transmisores Ópticos
  - 4.1. Introducción y conceptos básicos
  - 4.2. Amplificación Óptica
  - 4.3. LED (Light Emitting Diode)
  - 4.4. Diodo Láser
  - 4.5. Módulos Transmisores
  - 4.6. Problemas
- 5. Receptores y Sensibilidad
  - 5.1. Introducción y principios básicos
  - 5.2. Fotodetectores (PIN, APD)
  - 5.3. Circuitos receptores, ruido en recepción
  - 5.4. Sensibilidad del receptor, BER
  - 5.5. Sistema óptico de transmisión: Penalizaciones
  - 5.6. Problemas
- 6. Seminarios de Introducción al laboratorio
  - 6.1. Normas y herramientas
  - 6.2. Descripción de prácticas
  - 6.3. Técnicas de medida
- 7. Prácticas



- 7.1. Elementos básicos de un enlace de comunicaciones ópticas
- 7.2. Caracterización de fuentes ópticas
- 7.3. Balances de Tiempo y Potencia de un enlace
- 7.4. Caracterización de un sistema digital y sus componentes pasivos
- 7.5. Reflectómetro Óptico en el Dominio del tiempo (OTDR)
- 7.6. Soldadura de Fibras Ópticas

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	<b>Presentación de la asignatura</b> Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 1: Sistemas de Comunicaciones Ópticas. Conceptos Básicos</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>Tema 1: Sistemas de Comunicaciones Ópticas. Conceptos Básicos</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Tema 2: Elementos Ópticos</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>Tema 2: Elementos Ópticos</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Tema 3: Fibra Óptica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	<b>Tema 3: Fibra Óptica</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
6	<b>Problemas - Tema 1, 2 y 3</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
7	<b>Tema 4: Transmisores Ópticos</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Examen Parcial-Temas 1, 2 y 3.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:30
8	<b>Tema 4: Transmisores Ópticos</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Tema 5: Receptores y Sensibilidad</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 1</b> Duración: 02:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Resolución de cuestiones de laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 00:10
9	<b>Tema 5: Receptores y Sensibilidad</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 5: Receptores y Sensibilidad</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Práctica 2 o Práctica Especial</b> Duración: 02:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Resolución de cuestiones de laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 00:10

10		<b>Práctica 2 o Práctica Especial</b> Duración: 00:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
11		<b>Práctica 2/3 o Práctica Especial</b> Duración: 02:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Resolución de cuestiones de laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 00:10
12		<b>Práctica 3/4 o Práctica Especial</b> Duración: 02:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Resolución de cuestiones de laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 00:10
13	<b>Problemas - Tema 5 y 6</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Práctica 4 o Práctica Especial</b> Duración: 02:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Resolución de cuestiones de laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 00:10
14				
15				<b>Examen Parcial - Temas 4 y 5</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:30  <b>Prueba práctica en el laboratorio</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Duración: 01:00
16				
17				<b>Examen Final: Desarrollo de temas y problemas</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:00

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

## 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
7	Examen Parcial-Temas 1, 2 y 3.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	35%	/ 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2
8	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2
9	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2
11	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2
12	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2
13	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2
15	Examen Parcial - Tems 4 y 5	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	40%	4 / 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2

15	Prueba práctica en el laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	15%	4 / 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2
----	-----------------------------------	--	------------	-------	-----	--------	--

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
8	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2
9	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2
11	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2
12	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2
13	Resolución de cuestiones de laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:10	2%	/ 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2
15	Prueba práctica en el laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	15%	4 / 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2
17	Examen Final: Desarrollo de temas y problemas	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	75%	4 / 10	CG8 CE-ST2 CE-ST3 CE-ST5 CG2

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

La calificación final se compone de las notas obtenidas en los dos Exámenes Parciales y en la Calificación de Laboratorio, ponderadas de la siguiente manera:

**Calificación de Laboratorio**= 60% Examen Práctico + 40% Resolución de cuestiones de laboratorio

**Nota final** = 35% Primer Examen Parcial + 40% Segundo Examen Parcial + 25% Calificación de Laboratorio.

Cada una de las partes se considerará superada si se obtiene en ella al menos un 50% de su valoración máxima. Las partes no superadas podrán compensarse con las partes superadas siempre y cuando se obtenga en el Segundo Examen Parcial y en la Calificación de Laboratorio una nota mínima del 40% de su valoración máxima.

La asistencia a todas las sesiones de laboratorio es obligatoria(\*). Cualquier ausencia sin justificar supondrá el suspenso del laboratorio y, por tanto, de la asignatura. Una sesión de laboratorio con ausencia justificada será recuperada cuando la capacidad del laboratorio lo permita.

*(\*) Los alumnos que realizaron las prácticas en el curso anterior y obtuvieron en la Calificación de Laboratorio, al menos, un 50% de la valoración máxima, pueden renunciar a la realización de las prácticas y optar por un único Examen Práctico.*

**NOTA:** 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 al coordinador de la asignatura, por el medio que se determine más adelante, una semana antes del día asignado por Jefatura de Estudios para la realización del examen final en Convocatoria ordinaria. Esta opción supone la renuncia de las calificaciones obtenidas en los Exámenes Parciales pero mantiene la obligación del trabajo de laboratorio (realización de Prácticas, cuestiones de Laboratorio y examen práctico).

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, dichas actividades de evaluación se podrán distribuir a lo

largo del curso.

### Convocatoria extraordinaria

La convocatoria extraordinaria de julio, consistirá en un examen teórico, y una evaluación práctica, ponderadas de la forma siguiente:

Nota final = 75% Examen Final + 25% Calificación de Laboratorio.

La parte correspondiente al laboratorio está condicionada a la realización de todas las prácticas durante el curso académico(\*). Cada una de las partes se considerará superada si se obtiene en ella al menos un 50% de su valoración máxima. Una parte no superada podrá compensarse con la otra parte superada siempre y cuando se obtenga una nota mínima del 40% de su valoración máxima.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes, transparencias y autoevaluaciones.	Recursos web	Resolución de problemas y auto-evaluaciones disponibles en Moodle.
Guía de prácticas. Departamento de Tecnología Fotónica y Bioingeniería (2016)	Otros	Guía de prácticas de laboratorio. Hojas de características de componentes e instrumentación
Senior, J.M. Optical Fiber Communications, Prentice Hall, (2009)	Bibliografía	Libro de consulta complementario
Agrawal, G.P. Fiber-Optic Communication Systems. WileyInterscience (2010)	Bibliografía	Libro de consulta básico

Keiser, Gerd; Optical Fiber Communications", McGraw-Hill (2010)	Bibliografía	Libro de consulta complementario
Martín Pereda, J.A. Sistemas y Redes Ópticas de Comunicaciones. PearsonPrentice Hall (2004)	Bibliografía	Libro de consulta complementario
Agrawal, G.P. Lightwave Technology: Telecommunication Systems. WileyInterscience (2005)	Bibliografía	Libro de consulta relacionado con los sistemas de Comunicaciones Ópticas
Recursos didácticos interactivos. Web TFB	Recursos web	Aplicaciones interactivas para la resolución de problemas de balances en el diseño de sistemas de Comunicaciones Ópticas
Laboratorio Brigadier Mathé	Equipamiento	
Sala de trabajo en grupo: Laboratorio	Equipamiento	